

Daniel Carvalho Moreno

Desenvolvimento de objectos tridimensionais na Web

Universidade Jean Piaget de Cabo Verde

Campus Universitário da Cidade da Praia
Caixa Postal 775, Palmarejo Grande
Cidade da Praia, Santiago
Cabo Verde

23.5.07

Daniel Carvalho Moreno

Desenvolvimento de objectos tridimensionais na Web

Universidade Jean Piaget de Cabo Verde

Campus Universitário da Cidade da Praia
Caixa Postal 775, Palmarejo Grande
Cidade da Praia, Santiago
Cabo Verde

23.5.07

Daniel Carvalho Moreno, autor da monografia intitulada Desenvolvimento de objectos tridimensionais na Web, declaro que, salvo fontes devidamente citadas e referidas, o presente documento é fruto do meu trabalho pessoal, individual e original.

Cidade da Praia ao 29 de Setembro de 2006
Daniel Carvalho Moreno

Memória Monográfica apresentada à
Universidade Jean Piaget de Cabo Verde
como parte dos requisitos para a obtenção do
grau de Licenciatura em Engenharia de
Sistemas e Informática, variante Multimédia
e Tecnologias Interactivas

.

Sumário

Este trabalho de uma forma geral pretende apresentar os progressos realizados na área da Web3D, e que este sirva de guia para os potenciais interessados em descobrir as maravilhas que a tecnologia Web3D proporciona.

Começa-se por fazer uma alusão sobre os objectos tridimensionais e mencionar exemplos de algumas áreas onde se aplicam.

Depois é feita uma pequena abordagem do enquadramento dos objectos 3D na WWW, passando uma visão sobre a Web, identificando as funcionalidades e serviços, por fim uma vista de olhos sobre a visualização de objecto 3D na Web, identificando os navegadores comuns e os visualizadores que permitem visualizar conteúdos tanto 2D como 3D.

A seguir são abordados os avanços conseguidos na Web3D, iniciando com uma contextualização da Web3D, fazendo uma passagem pelos mundos virtuais na Internet criados em *Virtual Reality Modeling Language*, realçando as dificuldades dessa linguagem na altura e os novos incentivos que deram origem a outras especificação como a X3D. Ainda são identificadas algumas plataformas e ferramentas de tecnologia Web3D, exemplos de algumas áreas onde se aplicam e a perspectiva para o futuro da Web3D centrada na visão do Web3D *consortium*.

Por último, apresenta-se um caso prático onde estão descritas as etapas da construção, em modelo proposto, conversão e disponibilização do objecto 3D na Web

Agradecimentos

Aos meus pais pela confiança, tolerância e compreensão depositada em mim, que me acompanharam sempre nos meus estudos, incentivando e ajudando no que for possível para que eu possa ter habilidades e capacidades de decidir o meu futuro.

A todos os meus irmãos, amigos e companheiros que sentiram a minha ausência nos momentos críticos.

Um especial agradecimento aos meus colegas de curso pelos bons e menos bons momentos que passamos juntos e que não foram poucas, superando e ultrapassando cada obstáculo que nos atravessasse pelos nossos caminhos.

Aos meus professores que demonstraram interesse, boa vontade em ajudar mesmo nos momentos mais difíceis da minha vida (29 de Janeiro de 2006) colaborando para que eu possa ter concluído com sucesso esta etapa.

A Universidade Jean Piaget de Cabo Verde, pela oportunidade e contributo que nos tem dado ao longo deste tempo.

A professora Sónia Sousa, por ter-me ajudado a conseguir concluir mais uma etapa na minha longa carreira que ainda se inicia.

Conteúdo

| | | |
|-------------|--|----|
| Capítulo 1: | Introdução | 11 |
| 1.1 | Justificação da escolha do tema | 12 |
| 1.2 | Objectivos | 12 |
| 1.2.1 | Objectivos geral | 13 |
| 1.2.2 | Objectivos específicos | 13 |
| 1.3 | Metodologia | 14 |
| 1.4 | Estrutura do trabalho | 14 |
| Capítulo 2: | Objecto 3D | 16 |
| 1 | O que é o objecto 3D | 16 |
| 2 | Áreas onde se aplicam objectos 3D | 17 |
| 2.1 | Filme | 18 |
| 2.2 | Televisão | 19 |
| 2.3 | <i>World Wide Web</i> | 20 |
| 2.4 | Jogos | 21 |
| Capítulo 3: | <i>World Wide Web</i> e modelos 3D | 24 |
| 1 | Introdução | 24 |
| 1.1 | Objecto 3D e <i>World Wide Web</i> | 25 |
| 1.2 | Uma visão sobre a Web | 26 |
| 1.3 | Visualização de objectos 3D na Web | 28 |
| Capítulo 4: | Objectos tridimensionais na Web | 32 |
| 1 | Introdução | 32 |
| 2 | O que é Web3D | 33 |
| 2.1 | Mundos virtuais na Internet | 34 |
| 2.1.1 | Dificuldades da VRML | 37 |
| 2.1.2 | Novos incentivos | 39 |
| 2.2 | Plataformas e ferramentas Web3D | 44 |
| 2.2.1 | AXEL | 45 |
| 2.2.2 | Blaze3D | 45 |
| 2.2.3 | Bitmanagement Software | 45 |
| 2.2.4 | Cult3D | 45 |
| 2.2.5 | Hypercosm | 46 |
| 2.2.6 | WireFusion | 46 |
| 2.2.7 | Flux | 46 |
| 2.2.8 | Kaon | 46 |
| 2.2.9 | Formatos utilizados | 47 |
| 2.2.10 | Autoria e conversão | 47 |
| 2.2.11 | Visualizador | 47 |
| 2.2.12 | Instalação | 47 |
| 2.2.13 | Custos | 48 |
| 2.2.14 | Considerações finais | 56 |
| 2.3 | Áreas de aplicação | 56 |
| 2.3.1 | Entretenimento | 56 |
| 2.3.2 | Comunidades virtuais | 57 |
| 2.3.3 | Educação | 58 |
| 2.3.4 | Comércio electrónico | 59 |

| | | |
|-------------|--|----|
| 2.3.5 | Museus virtuais e herança cultural..... | 61 |
| 2.3.6 | Arquitecturas e cidades virtuais | 61 |
| 2.4 | O futuro da Web3D..... | 63 |
| 2.4.1 | Convergência tecnológica..... | 63 |
| Capítulo 5: | Modelação de objecto 3D para a Web | 65 |
| 1 | Introdução | 65 |
| 1.1 | O objecto proposto | 66 |
| 1.2 | Modelação do objecto | 67 |
| 1.2.1 | Ferramentas utilizadas | 67 |
| 1.2.2 | Etapas de modelação do objecto | 70 |
| 1.2.2.1 | Construção da base do Portátil..... | 70 |
| 1.2.2.2 | Construção do ecrã..... | 71 |
| 1.2.2.3 | Aplicação de materiais | 72 |
| 1.2.2.4 | O resultado final..... | 72 |
| 1.3 | Implementação do objecto na Web..... | 74 |
| 1.3.1 | Considerações de optimização..... | 75 |
| 1.3.1.1 | Contagem de polígonos..... | 75 |
| 1.3.1.2 | Mapas binárias | 77 |
| 1.3.2 | Conversão do objecto 3D..... | 78 |
| 1.3.2.1 | Definições de comportamentos no WireFusion | 79 |
| 1.3.2.2 | Definições de comportamentos no Kaon | 81 |
| 1.4 | Considerações finais | 83 |
| 1.4.1 | Outro aspecto | 84 |
| Capítulo 6: | Conclusão..... | 85 |
| 1.1 | Considerações finais | 85 |
| 1.2 | Recomendações para trabalhos futuros..... | 87 |
| 1.3 | Para potenciais interessado | 87 |

Tabelas

| | |
|--|----|
| Tabela 1 – Plataformas e ferramentas Web3D | 48 |
| Tabela 2 – Endereços dos exemplos apresentados | 55 |
| Tabela 3 – Endereços dos exemplos apresentados | 63 |

Figuras

| | |
|--|----|
| Figura 1 – Exemplos de Ambiente Virtual | 20 |
| Figura 2 – Exemplo de um fogão na Web3D | 21 |
| Figura 3 – Quake..... | 22 |
| Figura 4 – Doom 3 | 23 |
| Figura 5 – Exemplo de linguagem HTML..... | 28 |
| Figura 6 – Mozilla Firefox..... | 29 |
| Figura 7 – Microsoft Internet Explorer..... | 29 |
| Figura 8 – Arquivo .Wrl..... | 35 |
| Figura 9 – Cubo | 36 |
| Figura 10 – <i>Simulation 3D du Canadarm2</i> em <i>AXEL</i> | 49 |
| Figura 11 – Castelo em <i>Bitmanagement Software</i> | 50 |
| Figura 12 – Câmara de vídeo da SONY em <i>Blaze3D</i> | 50 |
| Figura 13 – Câmara digital da Panasonic em <i>Cult3D</i> | 51 |
| Figura 14 – Unidade lavagem de carro em <i>Flux</i> | 52 |
| Figura 15 – HP LaserJet 4050TN em <i>Hypercosm</i> | 52 |
| Figura 16 – Primo em <i>Kaon</i> | 53 |
| Figura 17 – Cadeira de massaje em <i>WireFusion</i> | 54 |
| Figura 18 – Exemplo de entretenimento..... | 57 |
| Figura 19 – Exemplo de comunidade virtual..... | 58 |
| Figura 20 – Anatomia do coração..... | 59 |
| Figura 21 – Exemplo de um produto no comércio electrónico..... | 60 |
| Figura 22 – Um exemplo do projecto Lisboa3D | 62 |
| Figura 23 – Exemplo de uma arquitectura..... | 62 |
| Figura 24 – Segmentos do mercado..... | 64 |
| Figura 25 – Interface do <i>3D Studio Max</i> | 68 |
| Figura 26 – Interface do <i>Photoshop</i> | 68 |
| Figura 27 – Texturas criadas no <i>Freehand</i> | 69 |
| Figura 28 – Interface do <i>Freehand</i> | 69 |
| Figura 29 – Exemplo da base do portátil | 71 |
| Figura 30 – Exemplo do portátil modelado | 72 |
| Figura 31 – Exemplo 4 vistas do modelo 3D..... | 73 |
| Figura 32 – Perspectiva e <i>rendering</i> | 74 |
| Figura 33 – Modelo 3D aberto e fechado | 74 |
| Figura 34 – Contagem de polígono em <i>3D Studio Max</i> | 76 |
| Figura 35 – optimização do objecto em <i>WireFusion</i> | 77 |
| Figura 36 – Conversão de 3D Studio Max para o formato VRML | 79 |
| Figura 37 – Conversão de objecto para o formato VRML em <i>3D Studio Max</i> | 79 |
| Figura 38 – <i>WireFusion</i> | 80 |
| Figura 39 – Publicação do objecto na Web em <i>WireFusion</i> | 80 |
| Figura 40 – O objecto em <i>WireFusion</i> | 81 |
| Figura 41 – <i>vSpace Master</i> | 82 |
| Figura 42 – Publicação do objecto na Web em <i>Kaon</i> | 82 |
| Figura 43 – O objecto em <i>Kaon</i> | 83 |

Capítulo 1: Introdução

Segundo Garrott e Ferreira (1999) os dias em que os utilizadores ficavam satisfeitos com as simples páginas estáticas do HTML já pertencem ao passado. A tendência agora é outra, os utilizadores querem mais acção ao navegar na Web. Querem ter mundo nas mãos, querem experimentar produtos comerciais sem sair de casa, sentir presente no *Chat*, ou seja, querem ter o mundo virtual em na Internet. E é isso que a Web3D pretende. Levar os utilizadores a passear num mundo virtual sem sair de casa.

Na verdade, o que tem sido feito até hoje é tentar levar os utilizadores dos mundos virtuais para um mundo real. Quer dizer que os especialistas desta área estão muito empenhados na construção de plataformas que suportam o mundo virtual e cada vez mais sofisticadas que permitem aos utilizadores sentirem que estão presentes num mundo virtual.

Este trabalho, de uma forma geral, pretende demonstrar os trabalhos realizados nesta área e os desafios colocados particularmente pela Web3D. Na verdade, este trabalho apresenta todo o enorme esforço de muitas organizações e empresas com particular destaque para a Web3D Consortium, homogeneizar a tecnologia Web3D.

Os avanços conseguidos até agora nas tecnologias da Web3D, tornaram esta área mais acessível aumentando em larga escala, o número de utilizadores e a própria demanda dos mundos virtuais na Internet. Nesse campo, prevê-se um avanço maior nos próximos tempos.

1.1 Justificação da escolha do tema

A aprendizagem feita na disciplina da Computação e Animação Gráfica despertou um enorme interesse por este tema e criou um gosto particular pelas coisas da Web3D, sobretudo o trabalho de modelação de objectos tridimensionais.

Com as pesquisas realizadas *online* surgiram novas descobertas que aumentaram ainda mais, o interesse e motivação. Daí que se pretende conhecer melhor todas as potencialidades que esta área oferece a fim de, não só desenvolver as capacidades próprias, mas também, contribuir para que mais Cabo-verdianos se sintam contagiados e incentivados em conhecer o mundo da Web3D.

O mergulho no mundo da Web3D gerou uma satisfação particular a ponto de o autor deste trabalho pretender vir a ser um dos criadores e pioneiro em desenvolvimento de objecto 3D na Web em Cabo Verde, talvez a começar na própria Universidade Jean Piaget de Cabo Verde, onde desenvolve vários projectos de modelação 3D.

1.2 Objectivos

Para delinear o projecto apresentado são definidos dois níveis de objectivos a serem alcançados na execução deste trabalho: um geral e outro específico, que podem ser entendidos, respectivamente, como metas e submetas, divididos e descritos conforme se segue.

1.2.1 *Objectivos geral*

O objectivo geral deste trabalho é conhecer e explorar as tecnologias Web3D existente actualmente e que são utilizadas em várias áreas tais como: a educação, comércio electrónico de retalho (que é uma das áreas de aplicação que mais se utiliza esta tecnologia nos últimos anos), entretenimento, medicina, entre outras, que utilizam modelos tridimensionais na Web. Por esta razão, as tecnologias são apresentadas de forma directa e prática neste trabalho.

Nesse percurso pretende-se levar o leitor a conhecer um pouco mais sobre mundos virtuais na Web.

1.2.2 *Objectivos específicos*

- Conhecer as plataformas e ferramentas da tecnologia Web3D existente actualmente.
- Ilustrar a utilização destas plataformas com casos reais em respectivas áreas de aplicação.
- Apresentar uma demonstração de modelação de objecto 3D e disponibilizá-lo na Web como forma de conhecer as diferentes etapas dos mesmos.
- Partilhar a experiência adquirida na pesquisa e elaboração deste trabalho com os demais leitores e potenciais desenvolvedores de objectos tridimensionais na Web.
- Incentivar o uso da tecnologia Web3D em Cabo Verde a médio e a longo prazo.
- Abrir um novo horizonte pessoal nesta área que promete muito e que está se afirmando como tal nos últimos anos.

1.3 Metodologia

Considerando a particularidade do tema escolhido, na elaboração deste trabalho foram encontradas muitas dificuldades, principalmente no que diz respeito à bibliografia. Por ser uma área particularmente nova, é difícil de encontrar, em Cabo Verde, bibliografia tão específica. Daí que a Internet foi a principal fonte de pesquisa. Sendo assim a metodologia adoptada para a elaboração deste trabalho residiu-se particularmente na pesquisa *Online*, artigos e trabalhos fornecidos pela orientadora e em 3 ou 4 bibliografias.

De realçar que este é um trabalho essencialmente prático, no qual foi modelado o portátil em 3D no 3ds Max 7, para disponibilizar na Web utilizando uma (*WireFusion* e *Kaon*) entre muitas plataformas existente para consolidar a fundamentação teórica.

1.4 Estrutura do trabalho

O presente trabalho está dividido em seis capítulos, abordando os conteúdos descritos a seguir.

- O capítulo 1 introduz o trabalho, dando uma visão geral de uma tecnologia inovadora que está revolucionando os mundos virtuais na Web. Também justificando esta escolha, descrevendo os objectivos geral e específicos, além da metodologia da elaboração do mesmo.
- No capítulo 2 é feita uma pequena abordagem pouco aprofundado sobre o Objecto 3D e as áreas onde se aplicam.
- No capítulo 3 são apresentados dois grandes assuntos estudados: World Wide Web e modelos 3D. É feita um enquadramento sobre os modelos 3D na Web, uma visão sobre a Web, os browsers tridimensionais e benefícios que este pode trazer.

- O capítulo 4 trata especificamente dos objectos tridimensionais na Web, fazendo uma alusão dos mundos virtuais na Internet bem como os trabalhos que foram feitos para que tal sucedesse, dificuldades e progressos conseguidos nesse campo, as plataformas e ferramentas que sustentam esses mundos virtuais na Internet e as respectivas áreas de aplicação. No final fala-se sobre o futuro da Web3D que promete revolucionar este campo nos próximos anos.
- No capítulo 5 apresenta-se um caso prático de modelação de objectos 3D para a Web, incluindo as etapas e os resultados conseguidos.
- O capítulo 6 apresenta a conclusão do trabalho relatando os objectivos alcançados e sugerindo trabalhos que podem vir a ser realizados tomando por base o presente trabalho.

Capítulo 2: Objecto 3D

1 O que é o objecto 3D

De acordo com Giambruno (2002), se alguém olhar em volta de um quarto, tudo o que vê é 3D – a cadeira, mesa, televisão, as paredes, etc. Com esta afirmação pode-se concluir que todo o corpo cuja forma tem altura, largura e profundidade é 3D.

De uma forma simples pode-se dizer que é o mundo que nos rodeia. O mundo que está sempre em movimento, caminha para frente, para trás, para esquerda e para direita e se por algum estante se se parar, observar com atenção e reflectir, chegar-se-á conclusão de que tudo o que está a volta é três dimensão (3D).

É essa tal profundidade que a torna diferente de gráficos 2D. Ainda, segundo Giambruno (2002), os objectos 3D são construídos por polígonos em aplicações 3D, e organizados pelo computador na forma e de acordo com a imaginação e criatividade de cada um. Em alguns casos, são precisos poucos polígonos para construir um objecto convincente (Giambruno, 2002). Porém, na maioria das vezes, como é o caso das ficções científicas, são necessárias centenas ou milhares de polígonos para criar objectos geometricamente complexos e

computacionalmente muito pesados. Por isso, muitas das vezes, são requeridos computadores com bastante capacidade de processamento e com placas gráficas do topo.

Estes objectos 3D são construídos nos computadores e muitas vezes não ultrapassa os ecrãs planos. De acordo com Giambruno (2002), os objectos tridimensionais não existem, a não ser nos ecrãs planos. Para concluir ainda o raciocínio deste autor, ele afirma que o termo gráfico 3D é uma mentira, uma falsidade. Uma distorção da verdade. Na verdade, gráficos 3D deveriam ser referidos como sendo representações bidimensionais (2D) de objectos 3D.

Realmente, não se consegue ver objectos 3D fora de um ecrã plano, a não ser que o indivíduo utilize um sistema de realidade virtual (uma tecnologia de interface avançada entre um utilizador e um sistema computacional) com dispositivos específico (e.g. Caverna digital, Capacetes digitais, Luvas digitais, ...) que permite a imersão ou interacção com objectos 3D do mundo virtual (Wikipedia, 2006). Neste trabalho, particularmente no capítulo 3, será abordado o mundo virtual, mas baseado na Internet.

A seguir apresentam-se algumas áreas onde se aplicam objectos 3D.

2 Áreas onde se aplicam objectos 3D

Hoje em dia há muitas empresas, principalmente do ramo de negócios, que estão apostando fortemente no uso de objectos 3D para divulgar os seus produtos. Conforme Giambruno (2002), objectos 3D estão a ser usado em muitos campos de estudos e de diferentes negócios. Surpreendentemente, os objectos 3D estão em todo lado. Como assim? Na verdade, fazer esta afirmação significa que esses abrangem uma vasta área, integrando com os diferentes tipos de informação multimédia (texto, imagem, áudio, vídeo, animação). Esta área de utilização passa-se pelos filmes, Televisão, jogos, Web, entre outras áreas que não foram mencionadas aqui.

2.1 Filme

Durante muito tempo a indústria cinematográfica utilizava tradicionalmente material de pintura, construindo à mão os modelos em miniatura e suporte de corpo inteiro para todos os trabalhos de efeito especiais (SFX) Giambruno (2002). Certamente alguém já teve oportunidade de ver uma série de ficção científica. Nestas séries mostravam imagem de como os filmes eram produzidos, por exemplo, quem teve a oportunidade de ver a primeira versão do filme “*The King Kong*” e a última feita em 2005 vê a diferença. A diferença entre estes dois filmes abrange todos os aspectos, desde à fase de elaboração à fase de produção. Na construção da personagem “*King Kong*” e cenários da primeira versão foi utilizada material como: metais, plásticos, madeira e entre outros, também era construída à mão.

Contudo, pela primeira vez em 1982 num filme da Disney o *TRON*, a animação 3D fazia parte substancial da grande tela. Mesmo assim, a animação não fazia parte dos planos da indústria cinematográfica, até que em 1993 um monstro da *Jurassic Park* fez uma onda de sucesso na grande tela (Giambruno, 2002). É a partir dali que a animação 3D começou a ser reconhecido como sendo uma alternativa para os trabalhos dos efeitos tradicionais (Giambruno, 2002). Segundo este mesmo autor, depois da *Jurassic Park*, a utilização das animações 3D nos filmes aumentou rapidamente que passou de uma moda para a sua conclusão coerente: em 1995, parte essencial do filme *Toy Story* foi completamente gerado por computador. A parte principal deste filme foi parcialmente inspirado pela *Academy Award®-winning short film Tin Toy*, onde o mesmo director, John Lasseter da *Pixar Animation Studio* realizara um anterior trabalho (Giambruno, 2002).

Como acréscimo ao modelo de personagem uma tendência clara da computação gráfica (CG) com novo modelo de personagem *Toy Story*, os *filmmakers* tem esforçado para criar personagens humanas em 3D tanto quanto o mais real possível. Em consequência disto muitas personagens secundárias tanto do filme *Titanic* como *Final Fantasy* foram formidavelmente criadas e animados por computador (Giambruno, 2002). E há quem diga, como é caso de Giambruno (2002), que chegará um dia em que a audiência será incapaz de distinguir um actor da CG de um actor real.

A animação 3D encontrou também o seu caminho principal no desenho 2D animado tradicional com referência para trabalho manual (Giambruno, 2002).

Hoje, em dia com os avanços na tecnologia de *rendering* 3D tem habilitado os animadores da Disney a combinar os elementos 3D directamente nos filmes 2D, sem redesenhá-los (Giambruno, 2002). Exemplo disto inclui filmes gerados por computador como: *hun* a cavalo no *Mulan*, multidões CG de *The Hunchback of Notre Dame*, e áreas cobertas de árvores que serve como um parque natural para patinar *Tarsan* (Giambruno, 2002).

Em suma, a animação 3D é reconhecida mundialmente como uma mais valia para a indústria cinematográfica, até porque facilita e poupa tempo e muito dinheiro para construir um personagem em 3D do que à mão, utilizando materiais (madeira, plásticos, tintas, ...). Hoje, existem muitos filmes feitos totalmente em 3D e com o passar do tempo talvez muitos actores conhecidos vão dar lugar aos actores da computação gráfica.

2.2 Televisão

A mesma história dos jogos e filmes pode ser repetida também para televisão. A animação 3D tardou em aparecer nas televisões.

Segundo Giambruno (2002) já nos princípios dos anos 90, as animações 3D já tinham entrado no mundo da televisão com o popular séries de ficção científica o *Babylon 5*, com os impressionantes navios e vistas estrangeiras. Ainda esse mesmo autor, diz que uma das tendências mais interessantes em séries de televisão foi o aparecimento de desenhos animados em 3D. Exibições tais como *Reboot*, *Beast Wars* e *Shadow Raiders* são interessantes não só por causa dos seus aspectos 3D, mas por que eles oferecem algo muito mais que as outras contemporâneas animações 2D não exibiram: muitos movimentos (Giambruno, 2002).

Outras áreas em crescimento na televisão são os comerciais utilizando modelos 3D para produtos, por exemplos as animações 3D dos automóveis fazendo com que eles dancem, as

botijas de gases da *Enacol* “As laranjinhas” e muitas outras coisas que são criadas e animados em 3D.

A par dos filmes esta é mais uma das áreas em crescimento, na utilização de animação 3D.

2.3 *World Wide Web*

A World Wide Web (WWW) ou simplesmente Web é uma outra área onde os objectos 3D são utilizados frequentemente. Segundo Giambruno (2002), os objectos 3D podem classificar-se como um simples botão ou outros elementos gráficos nas páginas integrado com a aplicação VRML, X3D ou outras plataformas Web3D. A Web3D é uma tecnologia que permite aos utilizadores explorar ambientes virtuais *online* (ver figura 1), e é utilizada para representar espaços, coisas como salas de *chat* totalmente gráfico, entre outras.

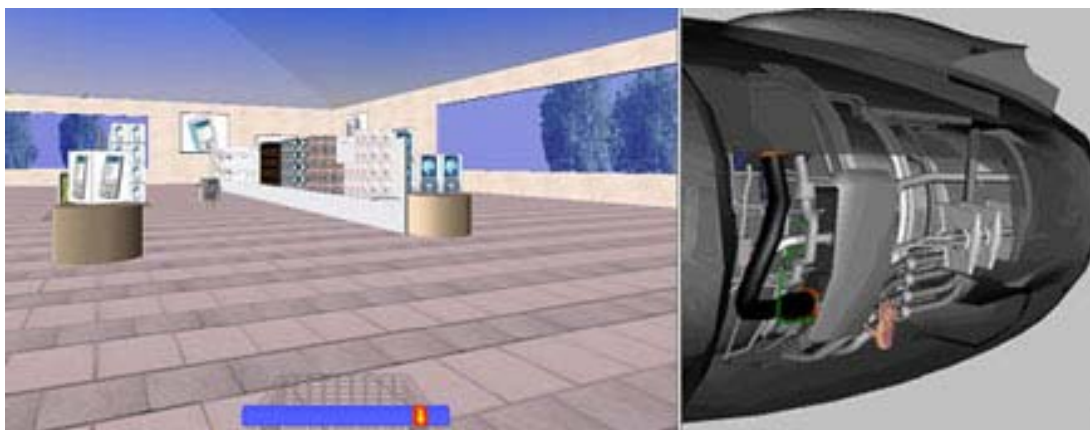


Figura 1 – Exemplos de Ambiente Virtual

Fonte (Ranon, 2004)

Há outras áreas do uso de 3D na Web em crescimento em que podem ser vistas em alguns *sites* (sítios) de venda *online*. Os produtos virtuais interactivos permitem ao utilizador examinar por exemplo, características de um fogão (ver figura 2).

Recorda-se ainda que este assunto será retomado nos próximos capítulos.

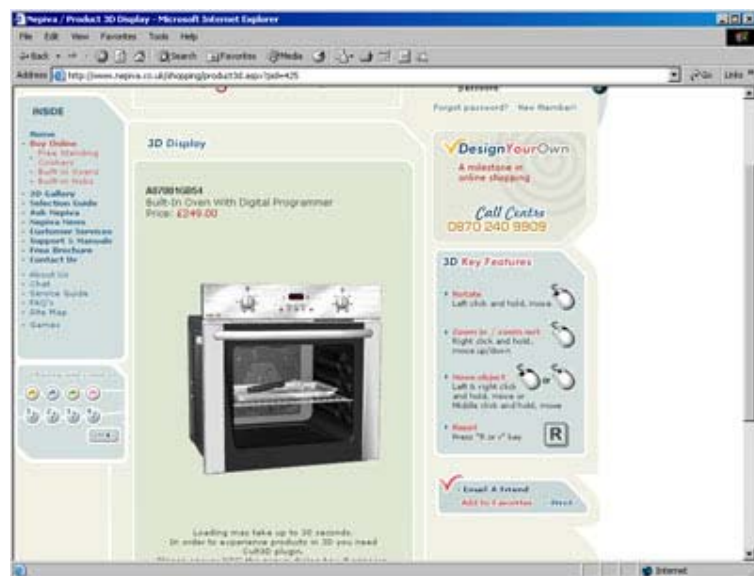


Figura 2 – Exemplo de um fogão na Web3D

2.4 Jogos

Como aconteceu na indústria cinematográfica, a animação 3D tardou em entrar no mundo dos jogos. O que tudo indica, segundo Santos (2004), antes de 1992, os jogos ou não eram tridimensionais ou eram convertidas como simples estruturas *wireframes*.

O que acontecia nessa altura era que os jogadores ficavam restritos a uma grade predefinida e só podiam mudar a visão com passos de 90° de rotação, olhando sempre para frente, para esquerda, para direita ou para trás (Santos, 2004). Não se tratava de um mundo 3D de facto, pois não havia qualquer cálculo tridimensional em tempo real (Santos, 2004).

Em alguns casos, eram utilizadas imagens previamente convertidas (*pré-rendering*) de maneira a dar impressão tridimensional tal como *The 11th Hour*, *Zork: Nemesis* e *The Daedalus Encounter* que faziam o uso pesado de gráficos 3D convertidas em imagens como um caminho para proporcionar espaço para os actores viverem (Giambruno, 2002).

Os gráficos 3D eram usados para criarem ambientes altamente detalhados como é o caso do *Zork: Nemesis*. O surgimento da tecnologia *Quicktime VR* do Macintosh veio possibilitar os jogadores olharem tudo a sua volta, ou seja, podiam fazer rotações em 360° com alta resolução *surround nodes* (Giambruno, 2002). *Quake* (ver figura 3) foi o primeiro jogo de tiro em primeira pessoa verdadeiramente tridimensional, utilizando, inclusive, ambientes espaciais 3D com *rendering* em tempo real. Por exemplo, todos os polígonos podem ser orientados arbitrariamente, demandando cálculos mais complexos para os mapas e texturas (Santos, 2004).



Figura 3 – Quake

Fonte (Santos, 2004)

Em desenvolvimento por quatro anos, *Doom 3* (ver figura 4) é uma releitura do título de 1992, buscando utilizar os mais modernos hardwares e técnicas disponíveis (Santos, 2004). Este mesmo autor, diz que o acelerador gráfico do *Doom 3* pode ser considerado como o estado da arte em tecnologia para *rendering* tridimensional, tanto nos jogos computacionais, quanto nas aplicações de baixo custo em geral.

O conceito principal que o distingue, é o sistema unificado de iluminação e sombreamento (Santos, 2004).



Figura 4 – Doom 3

Fonte (Santos, 2004)

Por detrás dessas verdadeiras obras de arte existe muito investimento por parte das indústrias de jogos de modo a aperfeiçoar hardware e software para que os jogos sejam tão real quanto o possível.

Capítulo 3: World Wide Web e modelos 3D

1 Introdução

Este capítulo faz uma contextualização dos objectos 3D na *World Wide Web*. Falando um pouco sobre a Web e os serviços prestados por este mesmo. Também são tecidos alguns comentários sobre a utilização de objectos 3D e a formas como este são visualizados nos navegadores.

A secção 1.1 apresenta as potencialidades da *World Wide Web* e o contributo que a Web3D veio trazer a WWW.

A secção 1.2 apresenta uma breve visão sobre a Web e identificando as suas funcionalidades.

A secção 1.3 descreve a forma como os objectos tridimensionais são visualizados na Web.

1.1 Objecto 3D e *World Wide Web*

Segundo Quintino (1999), o crescimento explosivo da Internet e da World Wide Web e a sua expressão interactiva, levaram com que as companhias despertassem o interesse e comesçassem a reconhecer e a aceitar a Internet como um veículo viável e promissor de conduzir negócios.

Devido às suas capacidades de ligação hipertextual, a Web é uma ferramenta de comunicação efectiva para publicitar uma companhia e os seus serviços ou/e produtos (Quintino, 1999). Colocar esta informação de negócios na Internet é um processo relativamente fácil e muitas companhias possuem já uma presença neste meio electrónico (Quintino, 1999).

Com a ferramenta Web, hoje a Internet ganhou terreno e está em qualquer área desde os comércios, jogos, filmes, educação, etc., e para compreender melhor a Web, vai fazer-se um enquadramento sobre o mesmo.

Até aqui, muitas empresas faziam propaganda dos seus produtos na tradicional Web 2D. És então que em 1994, os especialistas abordaram a possibilidade de integrar objectos 3D na Web (Ledwidge, 2002). A partir daí, essa data tornou numa nova era para Web, isto porque várias organizações e grupo de pessoas juntaram e mobilizaram esforços para criar uma tecnologia capaz de integrar objecto 3D na Web, para permitir uma maior interacção e excitar os consumidores principalmente do comercio electrónico (mais afrente no capitulo 3, este assunto será retomado com muito mais pormenor).

Depois desse esforço os especialistas, empresas e outros agentes, viram os resultados. Pois, hoje a tecnologia Web3D é uma área de crescimento excitante, permitindo uma visualização mais interactiva e estimulante que a Web 2D. Recentemente, para além do crescimento do uso da tecnologias em diversas áreas tais como: educação, entretenimento, comércio electrónico, comunidades virtuais, entre outras há também, um crescimento explosivo de

tecnologias Web3D cada vez mais sofisticado com técnicas para efeitos especializados como: movimento humano realístico, simulação de cabelo, e efeitos de partícula.

Hoje, existe uma variedade enorme de plataformas e ferramentas Web3D que permitem a visualização de objectos 3D *online* sem qualquer hardware específico. Cada vez mais a tecnologia Web3D cresce num ritmo acelerado e prevê que se venha tornar mais acessível aos utilizadores e consumidores. Este é um dos motivos da criação do Web3D *consortium* (vai ser abordado mais a frente) que tem como missão criar uma estrutura estável, normalizada para sustentar a tecnologia.

1.2 Uma visão sobre a Web

A Web ou World Wide Web como prefere, refere-se a todos os computadores ligados a uma rede global de Internet que fornecem informação interactiva em forma de hipertexto, com um programa de software chamado *web server* (servidor Web). Um simples servidor Web pode suportar múltiplas redes (Wikipedia, 2006). Os utilizadores finais podem seguir ligações (*Links*) na página chamadas zonas sensíveis (que podem ser textos ou imagens) para ver informação no servidor através dum programa conhecido como *browser* (navegador) num computador "cliente" em qualquer ponto da Internet. Esse acto de seguir ligações (*links*) é comumente chamado de “navegar” na Web (Wikipedia, 2006). Falando de uma forma mais simples pode-se dizer que graças a Web podemos hoje ver conteúdos multimédia (imagem, som, vídeo, texto, gráficos e animação) na Internet através de um *browser*.

A Web foi criada por um grupo de cientistas, comandados por Tim Berner-Lee, do CERN (Centre European Research Nucleare), na Suíça, com o intuito de facilitar a comunicação interna e externa (Wikipedia, 2006).

Antes da WWW os cientistas assim como toda a comunidade da Internet necessitavam de uma série de programas distintos para localizar, buscar e visualizar as informações. O objectivo inicial era, portanto, centralizar em uma única ferramenta, as várias tarefas necessárias para se obter as informações disponíveis na Internet. O projecto, iniciado em

1989, originou a WWW em 1991. No entanto, apenas em finais 1993 a World Wide Web iniciou a sua fase de crescimento explosivo, com a versão final do navegador Mosaic. Através deste interface, o projecto Web mudou a maneira das pessoas verem e criarem informação (Wikipedia, 2006).

Como foi referenciado acima a Web segundo o popular modelo cliente-servidor consiste numa rede de servidores (um servidor Web é um programa cujo único propósito é servir documentos para clientes quando requerido) de páginas electrónicas com ligações de hipertexto à documentos contendo vários tipos de informação multimédia descrito acima.

Segundo (Wikipedia, 2006), a funcionalidade da Web é baseado em três padrões:

- URL (*Universal Resource Locator*) em português significa Localizador Uniforme de Recursos, que especifica como cada página de informação recebe um “endereço” único (e.g. www.unipiaget.cv) onde pode ser encontrado,
- HTTP significa *HyperText Transfer Protocol* (Protocolo de Transferência de Hipertexto), é um protocolo que especifica como o navegador e servidor enviam informação um ao outro,
- HTML deriva da expressão inglesa *HyperText Markup Language* (Linguagem de Formatação de Hipertexto). Trata-se de uma linguagem de marcação utilizada para produzir páginas na Internet. Essas páginas de um modo geral são escritas em códigos que podem ser interpretados pelos browsers para exibir as páginas da World Wide Web.

A figura 5 demonstra a o código da linguagem HTML e a página resultante do código.

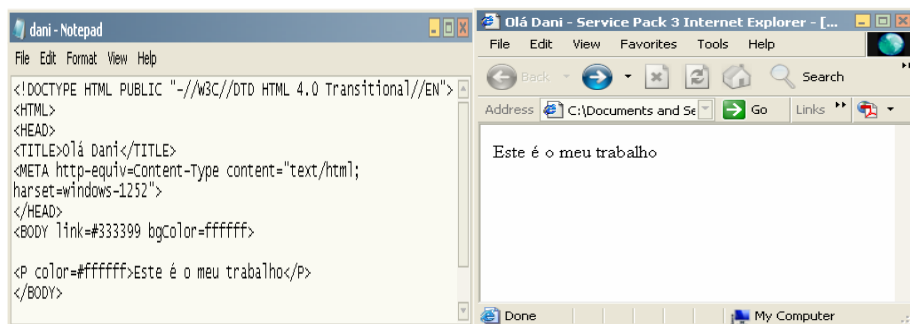


Figura 5 – Exemplo de linguagem HTML

1.3 Visualização de objectos 3D na Web

Os objectos tridimensionais são visualizados na Web através de um navegador. Segundo Vaz (2002), navegador é uma aplicação utilizada para efectuar pesquisas e consultadas à informação que existe nos vários *sites* (sítios), localizados em servidores remotos para acesso via Internet. Entre os mais populares (ver figuras 6 e 7) destacam-se os seguintes que estão disponíveis para os vários sistemas operativos (Vaz, 2002):

- Microsoft Internet Explorer;
- Netscape Navigator;
- Mozilla Firefox; e
- Opera.



Figura 6 – Mozilla Firefox



Figura 7 – Microsoft Internet Explorer

Essas figuras são exemplos de muitos outros navegadores que existem actualmente, o mais importante, é ver que cada uma delas têm pontos em comum, ou seja, todas têm pelo menos uma áreas de visualização de conteúdos multimédia, uma barra de endereços (*address bar*), os botões retroceder e avançar (*back* e *forward*), ir para (*go to*) e entre outras que estão visíveis nas figuras acima. E claro, sem esquecer que ambos utilizam praticamente as mesmas metáforas nos botões, menus, entre outras, de modo a facilitar a utilização e

compreensão da mesma, uma vez que esses conceitos já são do conhecimento dos utilizadores.

Esses são os navegadores comuns, que necessitam de algo mais, para disponibilizar conteúdos 3D na Web. No entanto, existem navegadores específicos para a visualização de objecto 3D na Web, alguns ainda estão em fase embrionária, como é o caso de *Xj3D Browser*. Contudo, esses navegadores são desconhecidos ou muito pouco conhecido. Mas a maior dificuldade da visualização de objecto 3D na Web reside no facto de ainda não existir uma homogeneização entre as várias plataformas e ferramentas Web3D. O que existe, na verdade, é um grande esforço do consórcio Web3D, no sentido de convergir esse mercado que fornece tecnologia Web3D, através da fundação de tecnologia baseada no padrão X3D (Trevett, 2006). A ideia é envolver todos os outros grupos, a fim de encontrar uma solução que passa pela fundação de tecnologia – X3D que defina a forma como as tecnologias Web3D disponibiliza conteúdos 3D na Web (Trevett, 2006).

Até lá, os navegadores comuns continuam a disponibilizar conteúdos 3D na Web. Tal como foi dito acima, a visualização de objecto 3D na Web, necessita de algo mais, ou seja, requer a instalação de *plug-in* disponibilizado pelas plataformas tecnológicas, que permita a visualização de objecto 3D em navegadores Web comuns (Sousa, 2001).

Hoje, existem muitas plataformas que utilizam o *Applet* da plataforma *Java*, que torna desnecessário a instalação de visualizadores para os mesmos.

Devido a estas exigências (não só por causa dos objectos 3D mas devido a evolução dos hardware e de muitas outras tecnologias existentes actualmente) surgiram varias organizações entre os quais destaca-se a *World Wide Web Consortium* (W3C), liderado pelo pai da Web, o grande Tim Berners-Lee, que desenvolve padrões e normas de modo a permitir que os computadores na Web armazenem e comuniquem todos os tipos de informações multimédia (Wikipedia, 2006). E surgiram outras organizações como Web3D, que tem como propósito desenvolver tecnologias que proporcionam uma experiência interactiva de gráficos 3D, através da Web.

Antes da Web3D já havia estudos e algumas conferências entre os quais surgiu a VRML (*Virtual Reality modelling Language*) que foi concebido como sendo uma linguagem 3D equivalente para HTML e muitas outras experiências que extravasaram o campo da Web para outros campos como indústrias aeronáuticas, automobilística, etc., criando protótipos e centro de treinos virtuais (Ledwidge, 2002).

Este assunto (Web3D) será retomado no capítulo que se segue dado ser este um dos objectivos deste trabalho.

Capítulo 4: Objectos tridimensionais na Web

1 Introdução

Uma das razões para o sucesso de objectos tridimensionais na Web, é a possibilidade de interacção em tempo real, permitindo aos utilizadores desencadear acções como: navegar, manipular, rodar, etc., o objecto 3D.

Em três dimensões pode-se prover uma organização mais intuitiva de objectos espaciais, utilizando a percepção natural e memória do utilizador referente ao espaço e a relação espacial dos objectos representados. A Realidade Virtual também pode estimular a atracção e o entendimento do utilizador por meio de sua interactividade e dinamismo

(Fosse, 2004).

O capítulo começa com uma contextualização da tecnologia Web3D, abordando os conceitos, áreas de aplicação, tecnologias, ferramentas e outros aspectos que são consideradas de extrema importância dentro dessa abordagem.

A secção 2.1 apresenta brevemente os mundos virtuais na Internet criados em linguagem VRML e identificando as dificuldades e limitações da mesma. Ainda nessa secção são apresentados os novos esforços que fizeram aparecer a especificação X3D.

A secção 2.2 apresenta algumas plataformas e ferramentas da tecnologia Web3D disponível no mercado actual, bem como, exemplos de casos reais da utilização dessa tecnologia.

A secção 2.3 descreve algumas áreas (e.g. entretenimento, comunidades virtuais, educação, comércio electrónico, museus virtuais e herança cultural, arquitecturas e cidades virtuais) de aplicação da tecnologia Web3D.

Finalmente, a secção 2.4 identifica os esforços do consórcio Web3D, para propor uma convergência de tecnologia Web3D baseada na especificação X3D.

2 O que é Web3D

Com o crescimento da Internet, sentiu-se a necessidade de apresentar páginas de Web a 3D.

(Garrott & Ferreira, 1999)

Nos capítulos anteriores foram abordados temas relacionados com objectos 3D (Gráficos 3D) e falou-se um pouco sobre modelos 3D e Web, portanto, juntando esses dois conceitos pode-se tirar ilações daquilo que se pretende, ou deduzir ainda o significado da Web3D. Na perspectiva de Ranon (2004), a Web3D pode ser entendida como uma experiência interactiva de gráficos 3D (integrado com multimédia) através da Web. Esses objectos quando integrado num ambiente virtual permite que o utilizar aceda, manipule e interaja, permitindo-lhe desencadear acções como: navegar, divertir-se, aprender, comprar produtos, ... tudo sobre a plataforma Web (protocolo HTTP, servidor Web, navegador Web, ...), mas para que isso sucedesse foi necessário criar algumas tecnologias como: VRML, X3D e MPEG-4, que será

abordado mais a frente. De uma forma geral são essas experiências interactivas que a Web3D proporciona.

2.1 Mundos virtuais na Internet

Nos últimos anos houve um grande avanço tecnológico que tornou os computadores pessoais mais rápidos e poderosos, o que permitiu o utilizador comum gozar de alguns benefícios da Realidade Virtual, que antes abrangia apenas aos grandes centros de pesquisa (Fosse, 2004). Segundo Fosse (2004), a VRML (*Virtual Reality Modeling Language*), foi criada com o propósito de armazenar os modelos 3D, tornou-se uma linguagem de modelagem de mundos virtuais que tem por objectivo levar ao utilizador comum a RV através da Internet. Esta linguagem é independente de plataforma, de modo que permite a criação de ambientes virtuais por onde se pode navegar, visualizar objectos de diferentes ângulos e interagir com eles (Fosse, 2004).

Segundo Garrott e Ferreira (1999), o VRML foi criada com três objectivos fundamentais: plataforma independente, extensível e reter a capacidade de sobreligação de banda baixa (*modem* a 14.4 KB). Por outras palavras, a nova geração de navegadores iria perceber e interpretar VRML.

Segundo Machado (1995), a VRML é uma linguagem de alto nível para descrição de cenas e ambientes interactivos em 3D, ou seja, uma linguagem de programação de mundos virtuais para RV que permite a criação de ambientes virtuais e a interacção com esses. Essa linguagem armazena apenas dados geométricos e informações matemáticas para modelagem das feições e fenómenos que compõem o mundo real, o que permite a visualização desses mundos de forma totalmente interactiva em tempo real, utilizando arquivos considerados pequenos e equipamentos de baixo custo (Machado, 1995).

A linguagem VRML oferece algumas funcionalidades que a torna apreciada pelos desenvolvedores (Kiniz & Knaesel, 2006):

- Integração de modelos 2D, 3D, texto e componentes multimédia;
- Criação de ambientes virtuais 3D interactivos e distribuídos;
- Multiplataforma. Ambientes de desenvolvimento e de visualização que podem ser utilizados em diversas plataformas de hardware;
- Integração com outros formatos disponíveis, tal qual o HTML por exemplo;
- Simplicidade na edição do código.

Os arquivos VRML têm a extensão .wrl (ou ainda .vrm, .wrz ou .wrl.gz). Esses arquivos podem ser editados em qualquer editor de texto e têm formato semelhante aos arquivos HTML (*HyperText Markup Language*).

A Figura 3 apresenta um arquivo ASCII no padrão VRML 2.0 para a representação de um cubo. Em seguida, a Figura 4 ilustra este objecto.

```
#VRML v2.0 utf8
#Exemplo - cubo
Shape {
  appearance Appearance {
    material Material {}
  }
  geometry Box {
    size 2 4 3
  }
}
```

Figura 8 – Arquivo .Wrl

Fonte (Fosse, 2004)

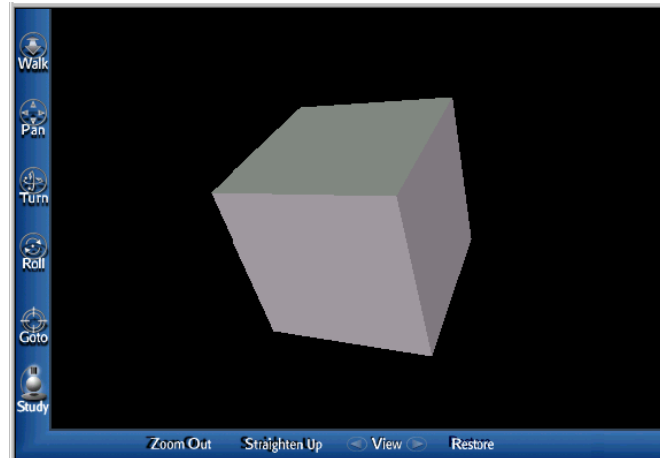


Figura 9 – Cubo

Fonte (Fosse, 2004)

Essa linguagem foi apresentada pela primeira vez durante a *Second International Conference on the WWW*, em Outubro de 1994, em Chicago, e foi denominada como VRML 1.0, e herdou, em grande parte, o formato do software *Open Inventor* da Silicon Graphics (Fosse, 2004; *apud* Carrard, 2001).

De acordo com Fosse (2004), quando o arquivo VRML é posto em acção, o visualizador é carregado pelo navegador Web, que torna possível a visualização e exploração dos mundos virtuais na Web. Esse visualizador, como foi referido no capítulo anterior, é denominado por *plug-in*, disponibilizado por diferentes plataformas. O exemplo disto é: o *Octaga Player*, o *Blaxxun*, o *Cosmo player* e outros.

Como qualquer linguagem gráfica, a VRML também é baseada no uso de primitivas gráficas. Segundo Fosse (2004), o ponto, o segmento, o polígono, o arco de elipse, as áreas e as componentes textuais, são as primitivas geométricas usadas para descrever os desenhos bidimensionais. Porém, nesse caso, para descrição dos mundos tridimensionais, os objectos possuem volume. Assim, as primitivas geométricas definidas na VRML são: a caixa, o cone, o cilindro e a esfera, que por *default* são sólidas. Porém, pontos e linhas também são facilmente representados.

2.1.1 Dificuldades da VRML

Dado que ainda as especificações técnica dos mundos virtuais eram inconsistentes e de uma forma geral era pouco interessante, a visão e o entusiasmo criados à volta do mesmo baixou consideravelmente (Ledwidge, 2002). E segundo essa mesma autora, ela acredita mesmo que a Web3D teve pouca influência ao longo desses anos.

Sendo assim tornava-se indispensável abrir portas para as varias conferencias afim de encontrar soluções e criar um padrão que abrangesse as diferentes formatos e gráficos 3D na Web. Como foi referido acima, este trabalho iniciou-se desde 1994, com o objectivo de criar uma plataforma padrão.

Nessa altura os utilizadores estavam frustrados porque os mundos virtuais criados eram de interacção muito limitada. E isso continua hoje (Ledwidge, 2002). A Web3D tem ainda um caminho a percorrer para alcançar o nível de aceitação, acessibilidade e estabilidade que o HTML conseguiu em 1994 (Ledwidge, 2002).

Desde então, que houve vários esforços no sentido de criar uma interface gráfica que facilitasse e proporcionasse uma maior interactividade. Para que tal sucedesse Rick e Gravin Bell criaram um grupo de discussão denominado *www-VRML* e era apoiado pela Silicon Graphics (Sousa, 2001).

Desse grupo foram propostas 5 soluções:

- O *Open Inventor's file format* pela SGI;
- O *OOGL (Object-Oriented Geometry Language)* pela *University of Minnnesota*;
- O *CDK (Active VRML da Microsoft)* pela Autodesk;

- O *Manchester Scene Description Language* pela *Manchester University*; e
- O *Labyrinth* por Tony Parisi and MarK Pesce (Sousa, 2001 *apud* Carey et al., 1997).

Após alguns testes de comparação das características e de potencialidades das propostas apresentadas, o *Open Inventor's file format* foi a que melhor satisfaz as exigências tendo por isso ficado em primeiro lugar, o *OOGI* em segundo e finalmente em terceiro *ex-aequo* ficaram os outros três (Sousa, 2001).

Segundo Sousa (2001), nessa mesma altura a SGI lançou o *WebSpace Navigator*, o primeiro navegador VRML. Este navegador rodava em diferentes plataformas: *Mac OS* e *Microsoft Windows*.

Em Junho de 1996 a Microsoft incorporou o *WorldView 1.0* no *Internet Explorer 2.0* e a Netscape integrou a *WebFx* (mais tarde conhecido pelo nome *Live3D*). Tanto o *WorldView 1.0* como o *WebFx* são navegadores VRML (Sousa, 2001).

Com a necessidade de dar animação, interacção e modelagem comportamental às geometrias criadas, em Agosto de 1996 foi lançado no *SIGGRAPH*, em Nova Orleans (EUA), uma nova versão da linguagem denominada *Moving Worlds VRML 2.0* (Fosse, 2004; *apud* Pessoa e Araújo Filho, 1999). No ano seguinte, após algumas modificações, a *International Standards Organization* (ISO) aprovou essa linguagem como padrão que passou a ser chamada de VRML 97 (Fosse, 2004).

Mesmo depois de terem sido feitos algumas modificações e melhoramento com lançamento da VRML 97, que foi formalmente descrito pela norma ISO/IEC 14772-1:1997, ela não conseguiu satisfazer as exigências e expectativas criadas em torno de si por parte de algumas empresas e utilizadores. E foram muitas as tentativas frustradas para promover conteúdos 3D e muitos esforços para criar e difundir as especificações que mais cedo ou mais tarde podiam ser adoptadas (Sousa, 2001).

De acordo com Sousa (2001), nos meados de 1998, essas expectativas, entusiasmo e principalmente todos aqueles que estiveram envolvidos na criação da linguagem VRML, incluindo a VRML *consortium* que vinha desenvolvendo trabalhos nesse sentido sem fins lucrativos, na criação de normas abertas para a construção e disponibilização pela Internet de mundos virtuais 3D e multimédia, desacreditaram e a VRML não teve outra alternativa a não ser em entrar em decadência, perdendo a esperança de virem algum dia a viabilizar o conteúdo 3D na Web. Os motivos que estiveram na base dessa queda foram referidas ao longo desta secção e que se destacam os seguintes (Sousa, 2001; Ranon, 2004):

- Os conteúdos da Web3D são complexo e mais pesados do que os conteúdos da Web 2D em termos de tamanho dos ficheiros (e o tempo de *download*);
- A qualidade da imagem gerada era má;
- O interface pouco usável (e não acessível);
- A autoria Web3D é mais difícil do que a autoria Web2D;
- Desilusão dos utilizadores dividido com a expectativa do alto realismo

Embora tenham conseguido alguns progressos há quem diga que a tecnologia não estava preparada para o VRML (Sousa, 2001).

2.1.2 Novos incentivos

De uma forma ou de outra foram as mesmas pessoas que estiveram envolvidas no anterior projecto da VRML *consortium* que fizeram reaparecer um outro consórcio denominado Web3D *consortium* (Sousa, 2001).

O Web3D *consortium* foi formado para proporcionar um fórum sobre a criação de uma norma aberta para a especificação Web3D, e acelerar a demanda universal para produtos baseados nestas normas pelo meio de promoção de marketing e programas de educação (Web3D, 2004). Aplicações Web3D vinham sendo financiadas activamente por muitas organizações por inteiro em alguns períodos. Esta comunidade tem apontado o desenvolvimento das especificações do VRML 1.0 e 2.0, que promoveu a base para o desenvolvimento de aplicações associados (Web3D, 2004).

A organização tem vindo a desencadear um enorme esforço no sentido de criação de um consórcio aberto focado exclusivamente na Web3D com a intenção de proporcionar uma estrutura necessária para estabilizar, normalizar e alimentar a tecnologia para toda a comunidade (Web3D, 2004).

O termo Web3D foi referido pela primeira vez em 1999 pelo Web3D *consortium* (Ledwidge, 2002). Esta organização descreve a VRML, X3D e todos outros padrões que estão relacionados com *lightweight*, gráfico 3D interactivo. Esta comunidade, a Web3D *consortium*, é uma organização sem fins lucrativa que pretende promover uma norma para cobrir uma vasta área desde (Ledwidge, 2002; Web3D, 2004):

- A descrição dos objectos 3D e os seus comportamentos;
- O relacionamento entre 3D e outro multimédia;
- Ambientes virtuais; e
- Animação *Humanoid*.

Segundo Sousa (2001), a posição do Web3D *consortium*, face ao VRML pode ser resumida assim:

- O VRML97 era demasiado complexo para ser implementado; e
- A sua dimensão limitava a sua utilização e a sua flexibilidade.

Dada as fragilidades da VRML apresentadas acima, o Web3D *consortium* abriu uma ampla área de estudo para a criação de uma especificação que satisfizesse as exigências e colmatasse as lacunas identificadas na linguagem VRML e que seja compatível com o mesmo.

Depois de muitos esforços o Web3D *consortium* apresentou, em 1999, uma proposta denominada *X3D Standardization Iniciativa for Web e Broadcast 3D* (Sousa, 2001). A ideia do Web3D *consortium* era criar uma norma aberta capaz de integrar um vasto número de aplicações *lightweight* que podem ser desenvolvidos para diferentes postos de trabalhos e concretiza-se por:

- Propor um motor de visualização tridimensional leve e actual;
- Descrever um formato 3D independente da plataforma de implementação e compatível com XML;
- Integrar gráficos 3D em tempo real com texto, gráfico 2D, vídeo e som;
- Suportar um leque variado de áreas de aplicação incluindo o entretenimento, o comércio electrónico, a educação e visualização de dados organizacionais.

O X3D é um padrão aberto para discutir conteúdo 3D (Web3D, 2004). Ele não é um API de programação, tão pouco um formato de arquivo para troca de geometrias (Web3D, 2004). Ele combina ambos, geometrias e descrição de comportamentos instantâneos em um simples arquivo que tem inúmeros formatos de arquivos disponíveis para isso, incluindo o *Extensible Markup Language* (XML) (Web3D, 2004). É uma norma rectificado do ISO que estipula

como os sistemas devem armazenar, recuperar e repor os conteúdos gráficos embebidos em tempo real dentro das aplicações, com uma arquitectura aberta que suporta uma ampla área de domínios e cenários de utilizadores (Web3D, 2004).

O XML foi adoptado como uma das sintaxes X3D com o intuito de resolver problemas reais como (Web3D, 2004):

- Integração com serviços da Web, redes distribuídas e aplicações para transferência de dados e arquivos;
- As linguagens de marcação provam ser a melhor solução para o armazenamento, reutilização e filtragem de uma grande quantidade de dados;
- Integração baseada em páginas XML, facilitando o desenvolvimento de páginas Web, maximizando a interoperabilidade com outras linguagens da Internet;
- Integração com a futura Web, já que os membros do *World Wide Web Consortium* (W3C) estão se esforçando muito no desenvolvimento do XML; e,
- Suporte a um grande número de ferramentas, como *stylesheets* que permitem o trabalho em qualquer formato nativo XML, além de transformações para visualização 3D através do *Chemical Markup Language* (CML), *MathML* e entre outras linguagens XML.

Esta especificação incorpora os avanços dos recursos tecnológicos nos últimos dispositivos gráficos comerciais tanto quanto melhorias na sua arquitectura baseadas nos anos de retorno da comunidade de desenvolvimento do VRML97.

A X3D oferece uma abundância de componentes caracterizados especificamente para serem usados em engenharia e visualização científica, CAD e arquitectura, visualização medicinal, treinos e simulação, multimédia, entretenimento, educação e outros (Web3D, 2004).

O desenvolvimento da comunicação em tempo real de dados 3D englobado todas as aplicações e as aplicações de rede tem evoluído desde que iniciou com a *Virtual Reality Modeling Language* (VRML) para o considerável mais maduro e refinado padrão X3D (Web3D, 2004).

Progressos foram conseguidos. Embora fora dos alcances dos olhos de públicos (Ledwidge, 2002), mas segundo esta mesma autora, ela acredita que marco significativo estava reservado para *Moving Picture Experts Group* (MPEG) quando adoptou a *FrameWork* Web3D no MPEG-4 – norma que engloba todas os tipos de informação multimédia na Web.

Outras áreas que deu um contributo significativo e que merece o destaque, são os hardware gráficos com desempenho muito elevado garantindo um mundo virtual na Web em tempo real, com mais e melhor qualidade, isto porque são necessários cálculos complexos para transformar dados 3D numa imagem 2D formada por *pixel* (Ledwidge, 2002).

Foram alcançados alguns progressos nas áreas de hardware gráficos permitiu aumentar o processo de *rendering*, que melhorou bastante a qualidade das imagens 2D e 3D em tempo real. No entanto a grande dificuldade residia, sobre tudo, nos custos desses hardware gráficos, por isso houve esforços no sentido de levar essas tecnologias que proporciona a mesma qualidade em tempo real para os PCs com um custo mais acessíveis, aqui também pode-se dizer que houve um progresso, dado que uma das entraves para o sucesso da Web3D reside também aqui (Ledwidge, 2002).

Graças a esses esforços, hoje, ter acesso a conteúdos da Web3D em tempo real já não é uma ilusão é uma pura realidade. Não é que antes isso não era possível, claro que sim, até porque foi referido ao longo deste capítulo, a questão que se coloca é que face aos entraves e condicionalismo que foram abordados ao longo deste capítulo, navegar pelos mundos

virtuais sobre tudo criados com a VRML, na altura era uma mera maratona que muitos utilizadores acabaram por desistir.

Actualmente, existem entraves, sobretudo, da limitação da largura de banda e de alguns interfaces gráficos, que exige um pouco mais dos utilizadores, ou seja, utilizadores com mais experientes de navegação Web. Mesmo assim o sucesso já está garantido e a Web3D *consortium* e outros grupos (que desenvolvem tecnologia Web3d), estão empenhados em criar ambientes virtuais mais simples, usáveis e mais acessíveis.

O consórcio de Web3D, está utilizando seu amplo suporte de indústria para desenvolver a especificação X3D, por comunicar conteúdos 3D na Web, entre aplicações e distribuídas através de rede e serviços da Web (Web3D, 2004). Através de um esforço bem coordenado com o ISO e W3C, o Web3D *consortium* está mantendo e ampliando suas actividades de normalização.

A secção que se segue apresenta e descreve os resultados de algumas iniciativas e esforços referidas acima.

2.2 Plataformas e ferramentas Web3D

As plataformas que existem actualmente incluindo as que estão em desenvolvimentos, demonstram melhorias consideráveis tanto a nível de interfaces gráfico bem como ganhos conseguidos em termos de qualidade das imagens e com tecnologia muito mais intuitivos e acessíveis para a maioria dos utilizadores. Pois, ainda segundo relata o consórcio Web3D tem sido feito um enorme esforço juntamente com os seus colaboradores para que as tecnologias Web3D sejam compatíveis com todas as plataformas possíveis.

De entre os enumeras plataformas que existem actualmente foram seleccionados e testados oito que foram mais acessíveis, simples e intuitivos que de seguida passam a ser apresentados:

2.2.1 AXEL

MindAvenue Inc., fabricantes de AXELedge, a solução completa para a criação e distribuição de animação 3D completamente interactiva na Web.

2.2.2 Blaze3D

Blaze3D é uma ferramenta da *Holomatix*, que permite qualquer utilizador publicar conteúdos 3D para Web com alta qualidade. O conteúdo *Blaze3D* pode ser integrado com conteúdo 2D desenvolvidos em *Flash*. Também permite adicionar muitas características ao objecto 3D. E não precisa de nenhum *plug-in* para que os seus conteúdos sejam disponibilizados na Web.

2.2.3 Bitmanagement Software

Bitmanagement software oferece soluções para produção de conteúdos interactivos (2D, 3D, áudio e vídeo) em tempo real para a Web, baseado em padrão ISO VRML, X3D e MPEG-4. Esses conteúdos podem ser visualizado em PC, CD-ROM, por e-mail ou na Internet.

2.2.4 Cult3D

Cult3D é um software produzido pela *Cycore*, uma companhia fundada em 1996 especializada em desenvolvimento de software gráfico focalizada na Internet, sedado em Uppsala, Suécia. *Cult3D* é uma aplicação de visualização de objecto 3D na Web, em documentos da *Microsoft Office* e em arquivos da *Adobe Acrobat*. Os utilizadores podem girar, fazer zoom e explora, ver e entender o objecto 3D em qualquer perspectiva no *Cult3D* – tudo com um *Click* de um rato.

2.2.5 *Hypercosm*

É uma companhia que fornece software e serviços para criar e desenvolver simulações 3D interactivas para treino, *courseware*, manuais, *websites* e visualização de produto. É uma tecnologia que permite criar conteúdos eficaz, *download* rápido, simulações interactivas de alta-fidelidade baseado na Web.

2.2.6 *WireFusion*

WireFusion é uma ferramenta de autoria Professional muito eficaz que apresenta soluções para Web3D em tempo real. Oferece soluções necessárias para criar apresentações 3D interactivas, animações e mundos virtuais com bastante qualidade e leve para a Web. Suporta flash que pode ser combinadas com os objectos 3D. Ainda pode ser adicionadas componentes para vídeo MPEG, som MP3 e muito mais.

2.2.7 *Flux*

O Flux é uma ferramenta que apresenta soluções para comunicação 3D na Web em tempo real, produzido pela Media Machine.

2.2.8 *Kaon*

Kaon Interactive, Inc. é mais uma solução para o mercado de produção de conteúdos 3D interactivo para a Web, com o alto grau de realismo. Kaon foi Fundado em 1996, com sede incorporada em Maynard, Massachusetts e tem escritório de serviço em San Diego, Califórnia.

Segundo Sousa (2001) estas plataformas e ferramentas podem ser caracterizadas (ver tabela 1) quanto a:

2.2.9 Formatos utilizados

Classificados como sendo proprietário se forem formatos de representação de utilização exclusiva ou identificados explicitamente se tratarem de formatos de representação de uso comum tais como o VRML, o X3D, o DXF, o DWG ou das aplicações de modelação e animação 3D como o 3ds max, o Maya, o LightWave3D, o Cinema4D, Blender3D e outro que estão a ser paulatinamente adoptados.

2.2.10 Autoria e conversão

Actualmente muitos dos fornecedores das plataformas tecnológicas da Web3D estão apostando na criação de ferramentas de **autoria** e **conversão** de formatos. Algumas ainda possuem apenas aplicações de **autoria**, outras disponibilizam, **conversores** que permite desenvolvimento dos modelos em sistemas de modelação 3D e a sua posterior conversão para os formatos de representação adequados, outras ainda dependem totalmente dos sistemas de modelação 3D para gravar ficheiros com os formatos de representação 3D necessários.

2.2.11 Visualizador

A visualização de modelos 3D em navegadores Web requer a instalação de *plug-in* da plataforma tecnológica.

2.2.12 Instalação

Descrita como **manual** quando a instalação de *plug-in* tem de ser feita pelo utilizador e como **automática** quando esta é iniciada automaticamente pela página Web que contém o modelo 3D.

2.2.13 Custos

Os custos associados às licenças de utilização dos programas de **autoria** e de **divulgação** dos modelos na Web.

| <i>Produto</i> | <i>Formato</i> | <i>Autoria e conversão</i> | <i>Visualizadpr</i> | <i>Instalação</i> | <i>Custos</i> |
|-----------------------------------|---|----------------------------|---------------------|-------------------|---------------|
| <i>AXEL</i> | proprietario | nenhuma | sim | manual | nenhuma |
| <i>Blaze3D</i> | Maya, 3DS, 3DS Max, Lightwave | nenhuma | sim | manual | divulgação |
| <i>Bitmanagement Software</i> | VRML/X3D | conversor | sim | manual | nenhuma |
| <i>Cult3D</i> | proprietário | autoria e conversor | sim | manual | divulgação |
| <i>Flux</i> | X3D | autoria e conversão | sim | manual | nehuma |
| <i>Hypercosm</i> | proprietário | autoria e conversão | sim | manual | nenhuma |
| <i>Kaon</i> | VRML, 3ds Max, Alias Studio, DWF, VRML , K3D, AC3D e outros | autoria e conversão | sim | manual | divulgação |
| <i>WireFusion</i> | VRML/X3D, 3ds max, Maya, LightWave3D, Cinema4D e outros | nenhuma | sim | manual | divulgação |

Tabela 1 – Plataformas e ferramentas Web3D

Nas páginas que se seguem são apresentadas exemplos de utilização das tecnologias Web3D identificadas tal como foram encontrados na Web.

A figura 10 é um exemplo da utilização da tecnologia AXEL o *Simulation 3D du Canadarm2*.



Figura 10 – *Simulation 3D du Canadarm2* em AXEL

A plataforma *Bitmanagement Software* exemplificada na figura 9 ilustra um castelo.

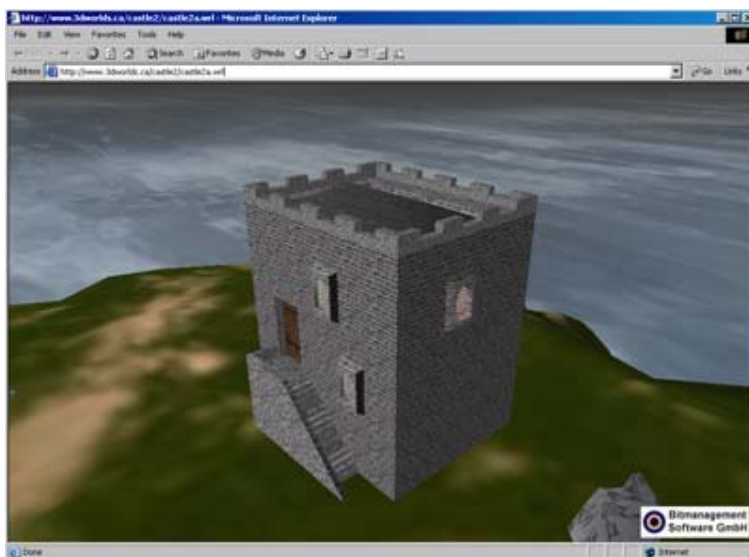


Figura 11 – Castelo em *Bitmanagement Software*

A figura 12 exemplifica a utilização do *Blaze3D* para a visualização de uma câmara de vídeo em 3D.



Figura 12 – Câmara de vídeo da SONY em *Blaze3D*

O exemplo ilustrado na figura 13 exemplifica a utilização do *Cult3D* para visualização de uma câmara digital.

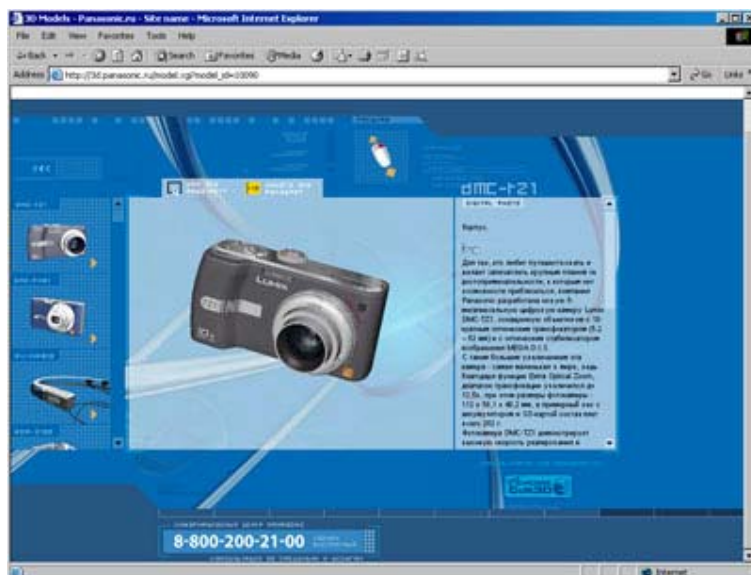


Figura 13 – Câmara digital da Panasonic em *Cult3D*

A figura 14 que se segue exemplifica a utilização de *Flux* numa estação de lavagem de carros em 3D.

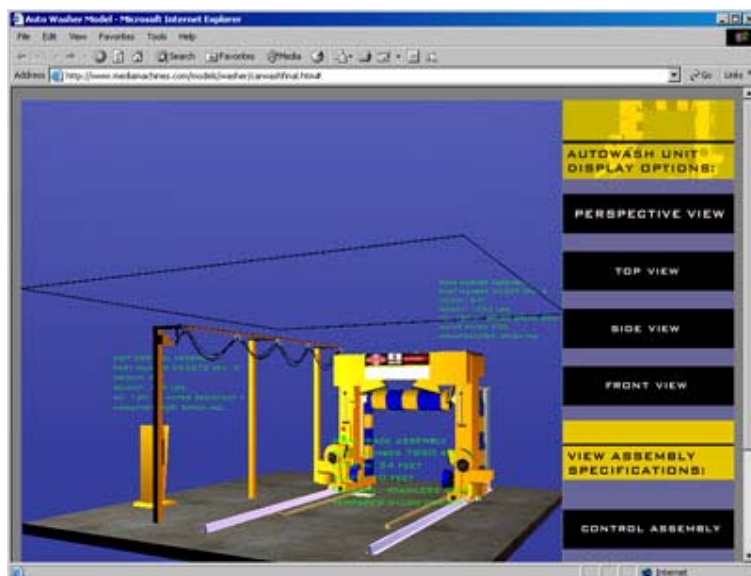


Figura 14 – Unidade lavagem de carro em *Flux*

A plataforma *Hypercosm* é exemplificada na figura 15 para ilustrar um treino interactiva com o modelo da impressora *HP LaserJet 4050TN*.

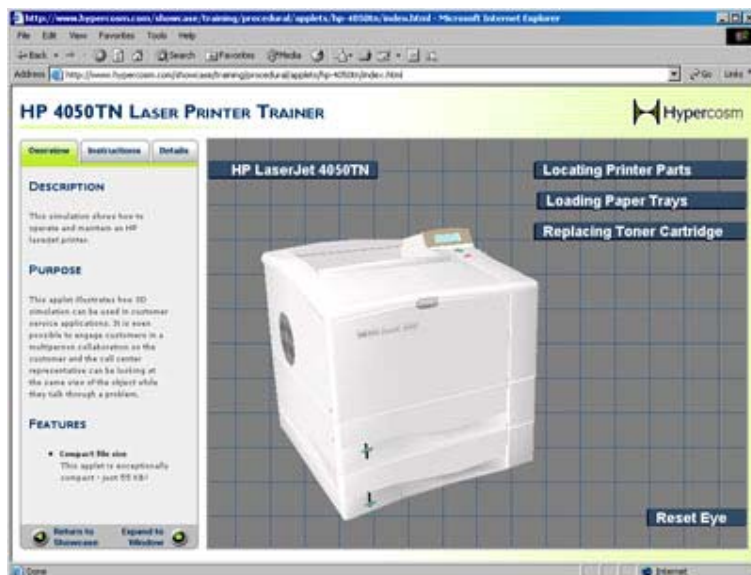


Figura 15 – HP LaserJet 4050TN em *Hypercosm*

O exemplo apresentado na figura 16 utiliza a plataforma *Kaon* para ilustrar o Primo – dispositivo colocado no pulso em cima da artéria radial à extremidade da *distal* do raio do osso de rádio.



Figura 16 – Primo em *Kaon*

A figura 17 ilustra a utilização da plataforma *WireFusion* utilizado para apresentar um modelo de uma cadeira de massaje.



Figura 17 – Cadeira de massaje em *WireFusion*

As imagens aqui apresentadas podem ser consultadas nos endereços colocados na tabela 2 que se segue de modo que os leitores e utilizadores deste trabalho percebam com exemplos de casos reais daquilo que foram abordados aqui.

| <i>Produto</i> | <i>Exemplo</i> | <i>Endereço</i> |
|-------------------------------|--------------------------|---|
| <i>Blaze3D</i> | Câmara de vídeo | http://extranet.hmxmedia.com/projects/sony_dcr-dvd505/index.html |
| <i>Cult3D</i> | Câmara digital | http://3d.panasonic.ru/model.xgi?model_id=10090 |
| <i>Flux</i> | Unidade lavagem de carro | http://www.mediamachines.com/models/washer/carwashfinal.htm# |
| <i>Hypercosm</i> | HP LaserJet 4050TN | http://www.hypercosm.com/showcase/training/procedural/applets/hp-4050tn/index.html |
| <i>WireFusion</i> | Cadeira de massaje | http://www.demicron.com/gallery/massagechair2.html |
| <i>Kaon</i> | Primo | http://www.medwave.com/PRIMODESC.HTM |
| <i>Bitmanagement Software</i> | Castelo | http://www.3dworlds.ca/castle2/castle2a.wrl |
| <i>AXEL</i> | Simulação | http://www.mindavenue.com/en/showcase/ |

Tabela 2 – Endereços dos exemplos apresentados

2.2.14 Considerações finais

Actualmente existe muitas plataformas e ferramentas Web3D, que permitem criar conteúdos 3D interactivos de visualização na Web3D em tempo real. Infelizmente não foi possível demonstrar todos neste trabalho. Mas entre os que não foram destacam-se duas que merecem ser explorados, como é como da ferramenta **Blender** e **H-Animator**, ambos são aplicações freeware (não comerciais).

O *Blender* é uma ferramenta de modelação 3D, animação e que oferece soluções para criar conteúdos interactiva para Web.

O *H-Animator* é uma ferramenta livre que permite modelar e partilhar animações X3D para *humanoids* de *H-Anim*. Para além de ser uma ferramenta, possui uma especificação para criação dessas *humanoids*.

2.3 Áreas de aplicação

Desde uns tempos para cá que a tecnologia Web3D vem sendo utilizado de uma maneira crescente em diferentes áreas de aplicação: entretenimento, comunidades virtuais, educação, comércio electrónico, museus virtuais e herança cultural, arquitecturas e cidades virtuais, entre outras áreas.

Nesta secção serão ilustradas exemplos das áreas mencionadas e tecidos alguns comentários de forma muito sintético.

2.3.1 Entretenimento

É uma das áreas que sempre teve o seu espaço na Web 2D e tal como o comércio electrónico, os *designers* gráficos decidiram apostar na utilização da tecnologia Web3D para proporcionar mais realismo e maior interacção aos utilizadores. No entretenimento o que

crece mais são os jogos virtuais em tempo real, embora estes ainda estão muito longe do realismo apresentados nos jogos computacionais em. E certamente, esta é mais uma das preocupações do consorcio Web3D para o futuro, de modo que nos próximos anos os utilizadores possam entreter na Web3D em tempo real, com mais e melhor qualidade das imagens e mais acessível para a maioria dos utilizadores que vê na Web um espaço de diversão.

A figura que se segue exemplifica a utilização da tecnologia Web3D como uma forma de entretenimento.



Figura 18 – Exemplo de entretenimento

2.3.2 Comunidades virtuais

Actualmente é uma área que está evoluindo, não tanto como o comércio electrónico ou jogos virtuais, mas que cada vez mais vem ganhando o seu espaço na Web3D. Normalmente essas comunidades são agregações de pessoas sociais, ligadas por rede de Internet (Recuero, 2006). Nestes tipos de comunidades as pessoas humanas são representadas por pessoas da CG (*Avatar* – uma representação gráfica de um utilizador em realidade virtual).

A figura 19 ilustra uma Comunidade de *Chat Virtual*.

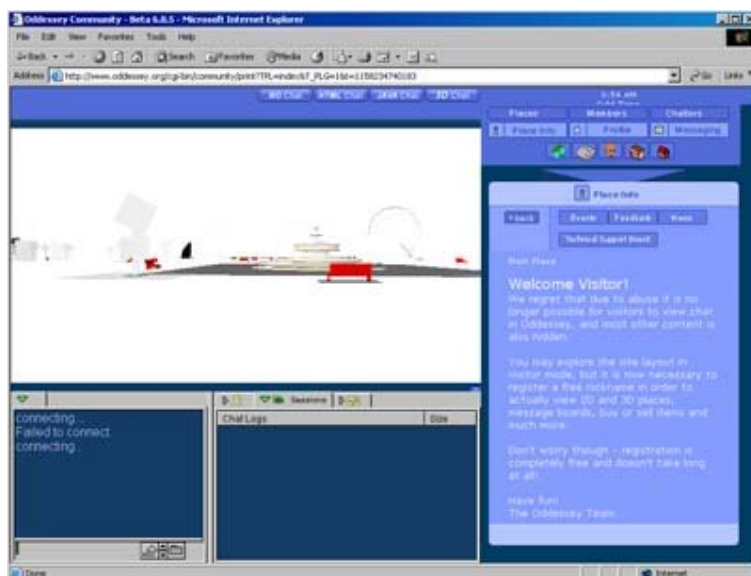


Figura 19 – Exemplo de comunidade virtual

2.3.3 Educação

O uso da realidade virtual (VR) como uma ferramenta educacional tem sido proposto e discutido por muitos autores (Ranon, 2004).

Na verdade a maior dificuldade consiste em desenvolver e aplicações de distribuição com a tecnologia proprietária VR que pode ser muito caro e pouco acessível para muitos estudantes (Ranon, 2004).

Perante este facto o Web3D *consortium* criou uma norma aberta (lembra-se que a educação foi um dos propósitos na criação do consorcio Web3D) para permitir:

- Redução dos custos;

- Construção de produto segundo um modelo;
- Distribuição de conteúdos através da Web; e
- Números largos de alunos, por toda a parte, a qualquer hora.

Na figura 20 pode ver que a tecnologia Web3D permite desenvolver ambiente educacional para Web que proporciona uma experiência fascinante na construção de conhecimento. É aqui que gráficos 3D ganha vantagens em relação a imagens 2D, isto porque, gráficos 3D tem mais realismo, detalhes e vista comparado com representações 2D.

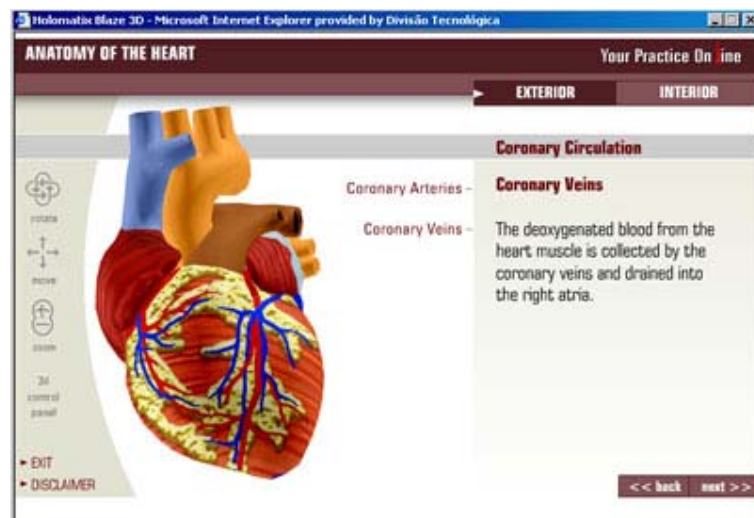


Figura 20 – Anatomia do coração

2.3.4 Comércio electrónico

Desde o surgimento da Web que muitas empresas e organizações viram que ela podia ser um dos meios viáveis para a propaganda dos seus produtos. Normalmente os produtos eram divulgados na Web 2D tradicional, mesmo assim, foi uma área que cresceu num ritmo muito acelerado graças a Web que permitiu integrar vários tipos de média numa página.

Devido a esse crescimento exponencial da divulgação dos produtos na Web e também devido a exigência dos consumidores levaram com que as empresas encarassem a tecnologia Web3D como a solução viável que permite os sítios do comércio electrónico oferecer um interface 3D, onde os clientes podem navegar dentro de uma loja virtual. Pode-se dizer também, que é uma nova era para o comércio electrónico que vinha crescendo sempre num ritmo muito mais acelerado que as outras áreas, por essas razões, hoje, o comércio electrónico é a maior beneficiado da tecnologia Web3D, porque os compradores *online* podiam explorar várias partes, funções ângulo dos produtos.

Mesmo as imagens que são ilustradas neste trabalho, demonstram que o comércio electrónico é sem duvida uma das áreas com maior índice de crescimento e o maior beneficiado da tecnologia Web3D.

A figura 21 é um exemplo do comércio electrónico.



Figura 21 – Exemplo de um produto no comércio electrónico

2.3.5 *Museus virtuais e herança cultural*

A tecnologia Web3D pode ser utilizado no contexto dos museus:

- Para promover exposição do mundo real, lugares históricos, ...;
- Para mostrar artigos do museu no seu contexto original (histórico, cultural, ...);
- Para fornecer experiências educacional baseado nos artigos do museu.

Segundo Ranon (2004), uma outra possibilidade seria usa-lo para complementar a exposição do mundo real (e.g. fornecer um quiosque VR).

2.3.6 *Arquitecturas e cidades virtuais*

Desde o surgimento das aplicações 3D que os *designers* gráficos e engenheiros, incluindo o próprio autor deste trabalho vem desenvolvendo projectos de architecturas em 3D (e.g. pólo de S. Vicente da UNIPIAGET). Hoje existe aplicações 3D especializadas em desenvolvimento de cidades, bem como *designer* que dedicam a criação de cidades (e.g. em Portugal existe uma empresa que está a criar algumas cidades em 3D) e publicam na Web e que podem ser visualizadas em tempo real com a tecnologia Web3D.

Estes factos podem ser constatadas nas figuras e endereços que se segue.



Figura 22 – Um exemplo do projecto Lisboa3D

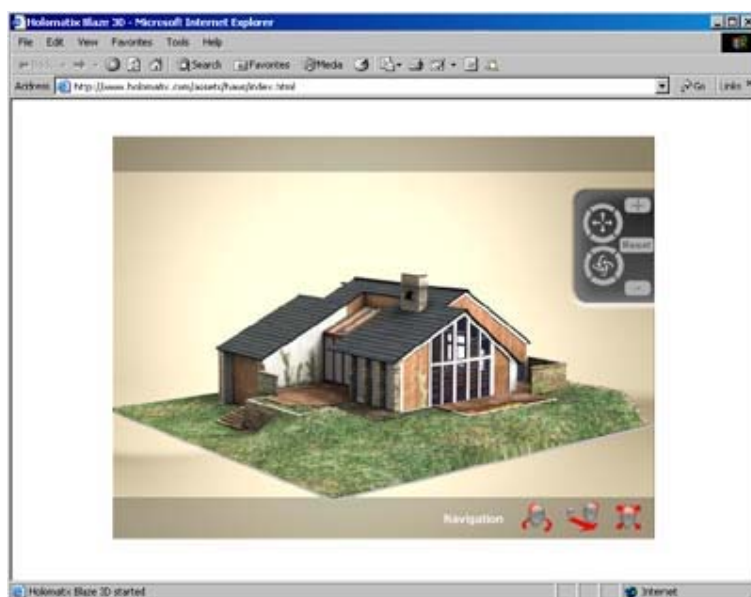


Figura 23 – Exemplo de uma arquitectura

| <i>Áreas de aplicação</i> | <i>Exemplo</i> | <i>Endereço</i> |
|---|---------------------|---|
| <i>Comunidades Virtuais</i> | 3D chat community | http://www.oddessey.org/cgi-bin/community/print?TPL=index&T_PLG=1&t=1158234740183 |
| <i>Educação</i> | Anatomia do coração | http://www.holomatix.com/assets/heart/index.html |
| <i>Comércio electrónico</i> | Relógio de pulso | http://www.objects-alive.com/cms/%20index.php?option=com_content&task=view&id=41&Itemid=65 |
| <i>Entretenimento</i> | Monkey Game | http://www.starbasec3.com/axel/monkeygame1.htm |
| <i>Arquitecturas e cidades virtuais</i> | Arquitectura | http://www.mindavenue.com/en/showcase/ |
| | Lisboa3D | http://www.lisboa3d.com/default1.htm |

Tabela 3 – Endereços dos exemplos apresentados

2.4 O futuro da Web3D

Até o momento não se pode dizer que há falta de plataformas tecnológicas de Web3D, mas sim da falta da convergência ou de uniformização entre as várias que existem. Por isso o consórcio Web3D propõe a especificação X3D como o futuro para definir a comunicação 3D através da Internet (Trevett, 2006). O objectivo do consórcio Web3D é segmentar o mercado que fornece a tecnologia Web3D, por isso definem o X3D como sendo o elo de ligação com as diversas plataformas (uma fundação de tecnologia).

2.4.1 Convergência tecnológica

De acordo com Trevett (2006), a convergência passa pela fundação de tecnologia – X3D que definirá toda a tecnologia de comunicação 3D através da Internet. Segundo o mesmo ela não pretende acabar e nem colocar de lado nenhuma das aplicações e plataformas tecnológicas de

Web3D que existem actualmente, muito pelo contrario, requer a colaboração de todos (uma sinergia) para definir uma nova forma de distribuição de conteúdos 3D na Web, baseada nessa fundação de tecnologia.

O consórcio Web3D considera que a convergência é fundamental e permite a segmentação do mercado, que trará benefícios a todos. Essa convergência só pode ser vista com bons olhos, porque os maiores beneficiados serão certamente os utilizadores uma vez que permite reduzir custos, será mais acessível e garantirá uma maior interoperabilidade com as aplicações e plataformas. Acredita-se que essa possa ser uma solução para atrair e incentivar também outros segmentos a usar a tecnologia de fundação comum – X3D.

A figura que se segue é o exemplo de alguns dos segmentos do mercado.

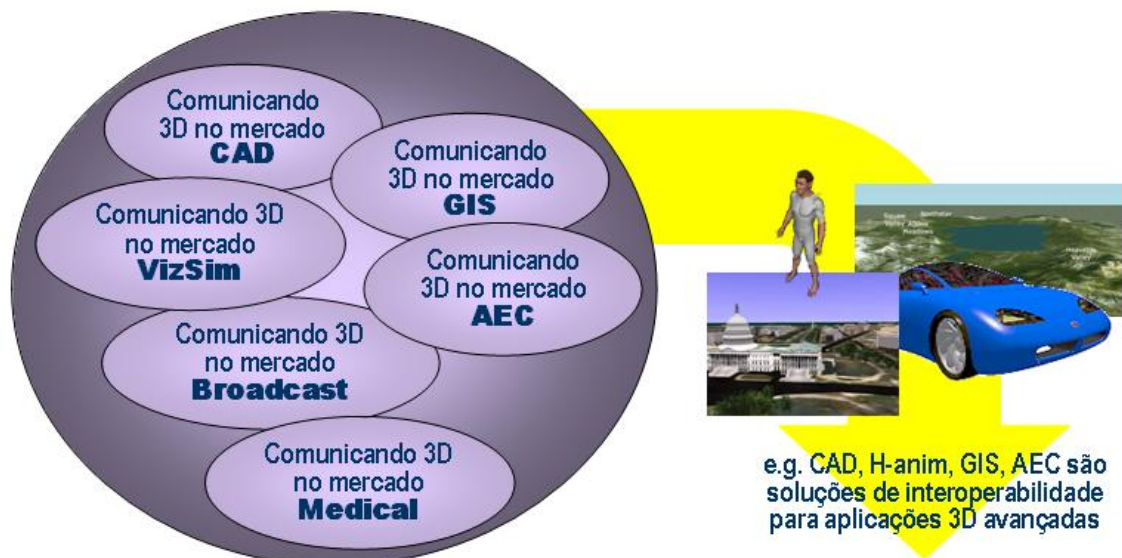


Figura 24 – Segmentos do mercado

Capítulo 5: Modelação de objecto 3D para a Web

1 Introdução

No presente capítulo pretende-se fazer o uso das tecnologias Web3D existentes, começando por modelar um objecto em três dimensão. Posteriormente disponibiliza-lo na Web utilizando uma das algumas das plataformas e ferramentas Web3D mencionada no capítulo anterior. Para o autor este capítulo teve uma importância particular porque para além de ter algum conhecimento que permitiu o desenvolvimento de certas ideias que culminaram com o presente estágio curricular, no Laboratório da Educação à Distância (LED) da universidade Jean Piaget de Cabo Verde.

Este caso prático foi concebido em duas fases:

- Primeira, construção do objecto 3D com a aplicação de modelação 3D;
- Segunda, conversão do objecto 3D construído para o formato de representação utilizado pela plataforma seleccionada.

Portanto, neste trabalho são descritas as etapas de construção do modelo escolhido, para este caso, o portátil e ainda as etapas de conversão e de implementação do modelo 3D na Web.

O objecto 3D foi construído em aplicação *3D Studio Max* e convertido para o formato VRML97. As plataformas tecnológicas utilizadas foram: *Wirefusion* e *Kaon*.

1.1 O objecto proposto

Uma das questões mais debatida desde o surgimento da tecnologia Web3D tem haver com a qualidade com que os objectos 3D são disponibilizados na Web incluindo a sua pouca usabilidade e acessibilidade (Sousa, 2001), lembra-se que a falta desses requisitos quase deitava por terra as aspirações da tecnologia Web3D (Ledwidge, 2002). Para Sousa (2001), esses factores que o condicionaram são os seguintes:

- A complexidade geométrica do modelo – quanto mais complexo for o modelo maior será o número de polígono necessário para representar este mesmo modelo, consequentemente mais pesado computacionalmente torna o modelo.
- A complexidade dos materiais utilizados – muitas vezes são necessário aplicar textura e cor ao modelo para dar um certo grau de realismo, o que aumenta a quantidade de informação do modelo geométrico do objecto representado.

Entre os vários exemplos apresentados neste trabalho é perceptível que nem todos apresentam a mesma qualidade de imagem, isto porque, alguns dos objectos apresentados, as imagens são quase indistinguíveis do objecto real, a maioria deles são produtos de retalho no comércio electrónico. Essa qualidade reflecte-se no momento da visualização dos mesmos na Web em tempo real, porque essas páginas demoravam mais tempo a fazer transferência de informação do que os que apresentavam menor qualidade. Tudo isso para dizer que quanto mais complexo for a geometria do modelo e de materiais utilizado, mais pesado computacionalmente torna o modelo 3D e maior a largura de banda de que este requer quando este for disponibilizado na Web (Sousa, 2001).

O objecto proposto para a elaboração deste caso prático foi um portátil, independentemente da marca e o principal objectivo era modelar o objecto com todas as características possível de um portátil.

1.2 Modelação do objecto

Não foi fácil modelar o portátil, porque é um objecto geometricamente muito complexo que necessita de um pouco mais de polígono para aproximar do modelo real. E para contornar um pouco esta situação, recorreu-se à utilização de materiais para reduzir o número de polígono, que por sua vez, também aumenta a quantidade de informação do modelo.

1.2.1 Ferramentas utilizadas

Foram utilizadas três ferramentas para a construção e modelação do objecto:

- *3D Studio Max* como aplicação de modelação 3D;
- *O Photoshop* da Adobe como aplicação de tratamento e criação de imagens; e
- *O Freehand* para criação de texturas.

Tanto uma como outra, foram escolhidas por serem aqueles que o autor tem melhor domínio.

O *3D Studio Max* é aplicação de modelação 3D muito utilizada actualmente no mundo.

O aspecto geral do *3D Studio Max* é ilustrado na figura 25 que se segue.

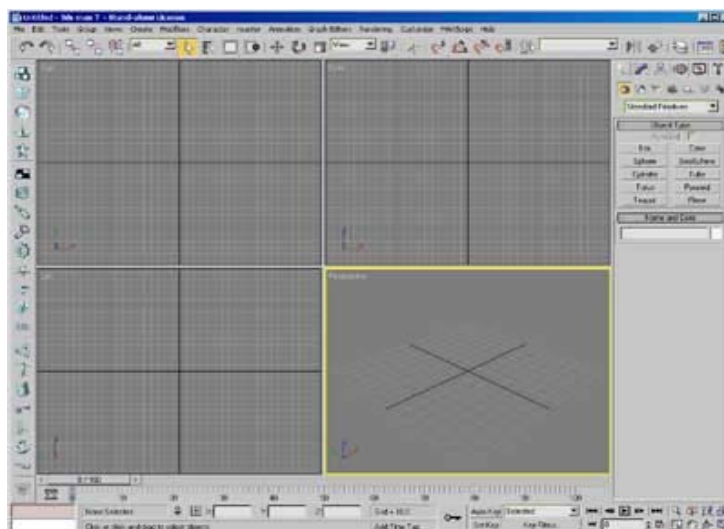


Figura 25 – Interface do *3D Studio Max*

O *Photoshop* é uma aplicação de tratamento e criação de imagens mais usada no mercado por todos. Foi utilizado neste trabalho para retocar imagem e acrescentar brilho e cores as mesmas.

A figura 26 ilustra o aspecto geral do *Photoshop*.

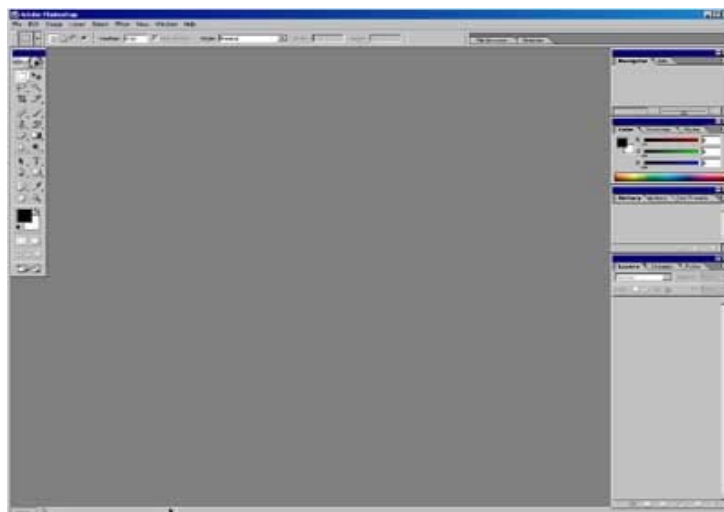


Figura 26 – Interface do *Photoshop*

O *Freehand* é uma ferramenta de criação de gráficos vectoriais 2D. Foi essencialmente utilizado para a construção das texturas, ilustradas nas figuras 27.

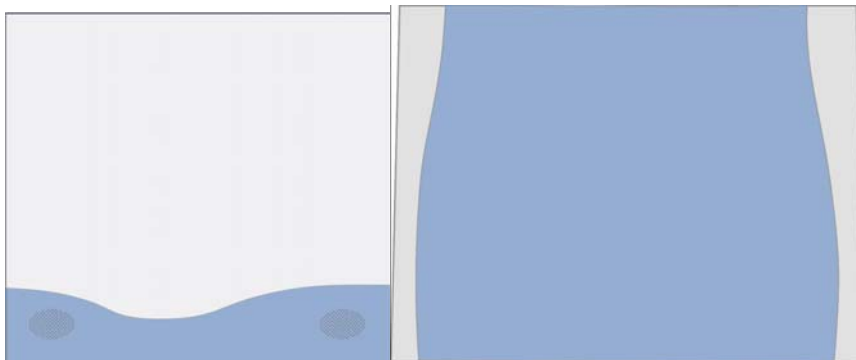


Figura 27 – Texturas criadas no *Freehand*

A figura 28 ilustra o aspecto geral do *Freehand*.

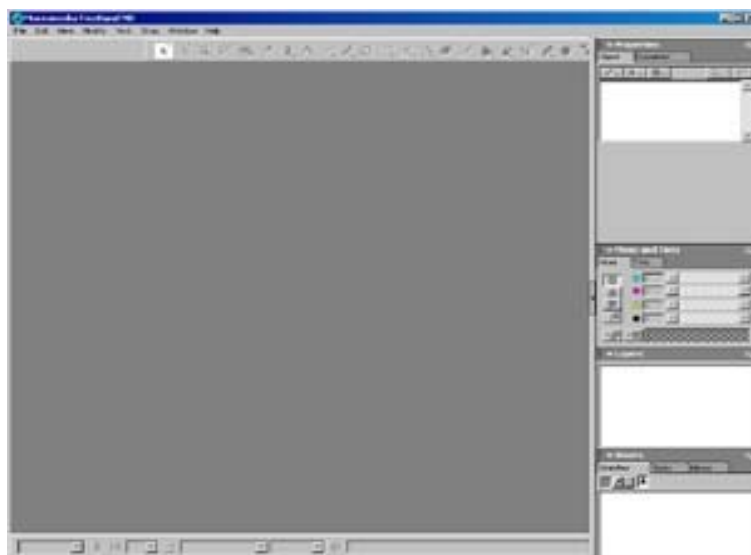


Figura 28 – Interface do *Freehand*

1.2.2 *Etapas de modelação do objecto*

Segundo Giambruno (2002), o primeiro passo do planeamento de qualquer projecto é sentar-se e decidir o que se quer fazer exactamente. Este passo é fundamental, porque um trabalho deste género necessita de um pouco mais de tempo e de um estudo cuidadoso do objecto que se pretende modelar. É de extrema importância, saber exactamente aquilo que se quer fazer, caso contrário pode-se estar sentado, à frente de um PC, sem conseguir elaborar passo algum. Outro aspecto muito importante a ter em conta na construção um modelo 3D é o *KISS* (*Keep It Simple, Stupid*) simples, sem complicar e deixar o preciosismo de lado (Giambruno, 2002).

1.2.2.1 *Construção da base do Portátil*

Na construção da base do portátil, utilizou-se uma primitiva geometria estendida (*extended primitives*), **chamferbox**, que foi convertida para o **Editable Poly**. Depois foram editados os vértices até que o objecto ganhasse a forma da base do portátil (ver figura 29).

De seguida, foi seleccionado o sub-objecto, **Polygon** do painel **Editable Poly**, de maneira que permitisse seleccionar o polígono do topo de objecto. Com o polígono seleccionado modelou-se a área do teclado, para o qual se utilizou as opções **Slice Plane** e **Bevel**. Com essas mesmas opções modelou-se o botão esquerdo, direita e a zona do cursor. O resultado pode ser visto na figura 29.

Na parte traseira do objecto da base, foram executadas operações de subtracção **Boolean** para criar arestas na parte superior da traseira e acrescentado a primitivas geométricas **Sylinder** (cilindro) para criar os dois suportes que ligam a base e o ecrã. O exemplo é ilustrado na figura a seguir que demonstra todos os procedimentos realizados.

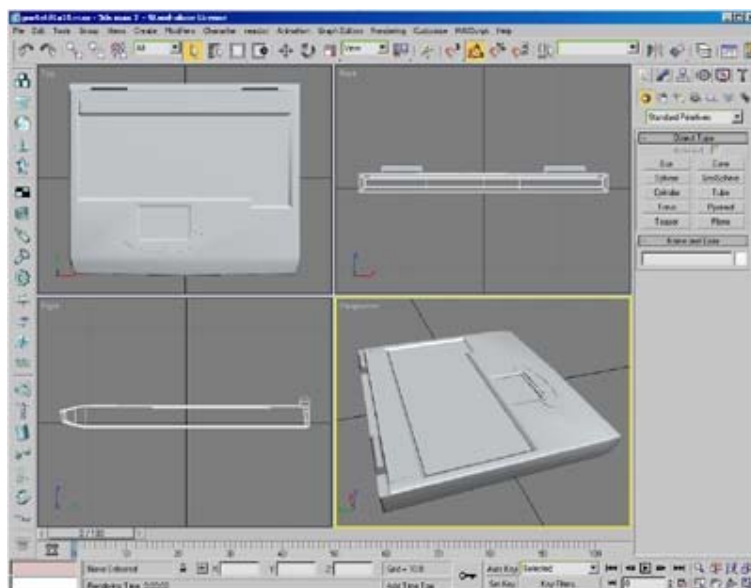


Figura 29 – Exemplo da base do portátil

1.2.2.2 Construção do ecrã

Este objecto foi construído também a partir da primitiva geométrica **chamferbox** e convertida para o **Editable Poly**. Basicamente foram aplicadas as mesmas técnicas utilizadas na construção do modelo anterior.

A ilustração a seguir é o resultado do objecto modelado.

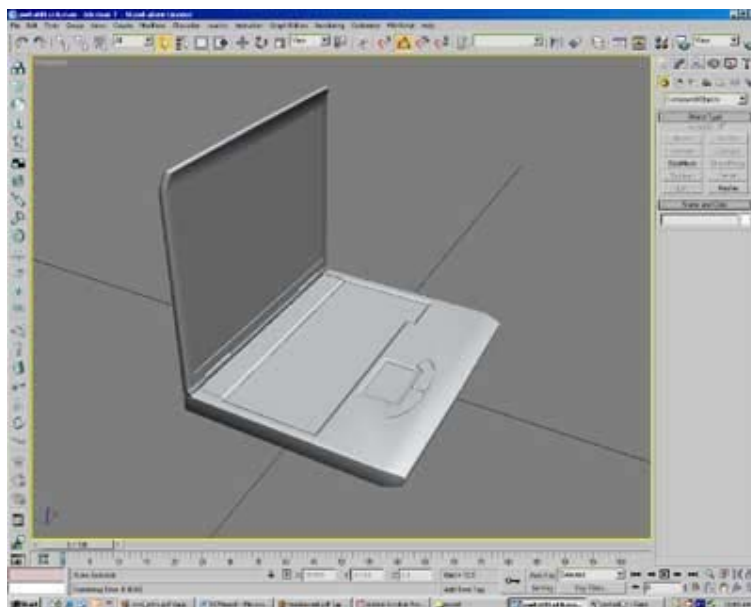


Figura 30 – Exemplo do portátil modelado

1.2.2.3 *Aplicação de materiais*

Após a conclusão do modelo foram-lhe aplicados materiais com objectivo de tornar a sua aparência o mais realista possível.

Os materiais que foram utilizadas também em algumas situações com o intuito de reduzir o número de polígono. O exemplo disto é o teclado (ver figura 31), a parte traseira, parte debaixo da base do portátil, etc.

1.2.2.4 *O resultado final*

Em termos concretos pode-se dizer que faltou ao objecto um pouco mais de trabalho quer na parte de modelação, quer na parte de aplicação de materiais. E aqui apresentam-se, duas razões para que isso fosse considerado aceitável pelo autor:

- Primeiro, o objecto modelado em 3D tinha todos os requisitos mínimos que é ter as características básicas de portátil, para além de este estar muito bem conseguido em termos técnico de modelação 3D.
- Segundo, está inteiramente relacionado com os dois factores mencionados ainda neste capítulo, na secção 1.1, a complexidade geométrica do modelo e a compatibilidade dos materiais utilizados.

Sendo que os objectivos já tinham sido conseguidos, não era necessário aumentar o peso computacional do modelo, que certamente terá reflexos no tamanho da largura de banda quando este for disponibilizado na Web.

As figuras que são ilustradas a seguir demonstram o resultado final do portátil modelado em 3D depois da aplicação de mapas e texturas.



Figura 31 – Exemplo 4 vistas do modelo 3D

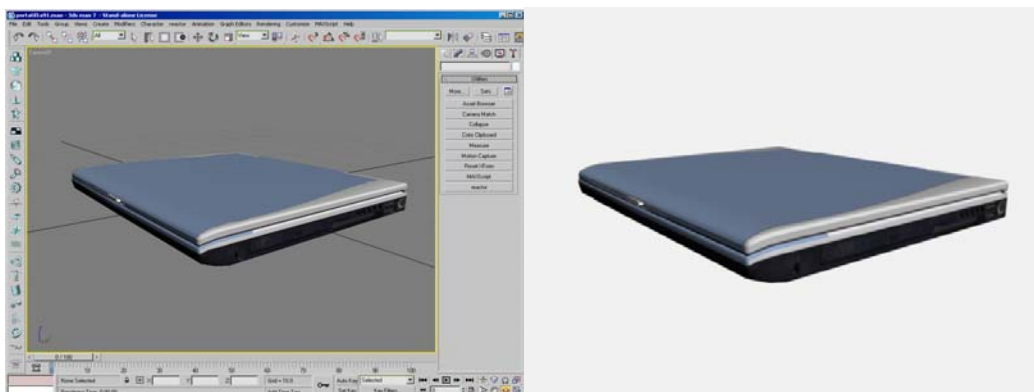


Figura 32 – Perspectiva e *rendering*



Figura 33 – Modelo 3D aberto e fechado

1.3 Implementação do objecto na Web

O actual desenrolar dos acontecimentos não favorece os criadores de conteúdos interactivos 3D para a Web. Tudo porque não existe ainda um consenso em torno das diversas tecnologias Web3D existente (Sousa, 2001). Embora o consórcio Web3D vem sensibilizando e motivando esses grupos a adoptarem o padrão X3D, certificado pela norma ISO (Trevett, 2006). Até lá os, os criadores de conteúdos 3D para Web terão, obrigatoriamente, que utilizar os respectivos formatos de cada ferramenta.

1.3.1 Considerações de optimização

É um hábito, principalmente dos *designer* gráficos, construir modelos 3D com alto grau de realismo. Isso torna o modelo geometricamente muito complexo, reflectindo directamente no seu peso computacional. Quando o grau de detalhe é muito elevado, maior é o número de polígonos necessários para representar o modelo (Sousa, 2001).

Contudo, quando os propósitos da criação do modelo forem os mesmos que os do tema deste trabalho, a coisa muda radicalmente de figura porque, segundo Sousa (2001), quanto mais detalhe e informação, maior é o modelo e mais lento é processo da transferência de informação necessária para a sua visualização na Web. De acordo com a mesma autora, tal como acontece noutros documentos na Web, o tempo de visualização é uma característica importante na acessibilidade à informação, tal como é percebida pelo utilizador final. Por estas razões se justificam os esforços de optimização e preparação dos modelos geométricos e dos materiais utilizados.

1.3.1.1 Contagem de polígonos

Segundo Sousa (2001), quanto menor for a contagem de polígono do modelo geométrico, menor é o tamanho da estrutura de dados inerentes, menor é o seu peso computacional e, por consequência, menos tempo demora a transferência do modelo através da Internet.

Portanto, há que estabelecer um ponto de equilíbrio entre a qualidade da visualização, o seu realismo e o tempo de espera imposto ao utilizador (Sousa, 2001).

A dificuldade reside, exactamente, em tentar conciliar esses dois factores, porque são proporcionalmente oposto (Sousa, 2001). Se o modelo tiver menos número de polígono reduzirá o realismo e qualidade de imagem. Consequentemente, a visualização é mais rápida.

No entanto, deve sempre controlar a contagem de polígono. A ferramenta *3D Studio Max*, tem uma opção que permite fazer a contagem de polígono (ver figura 34).

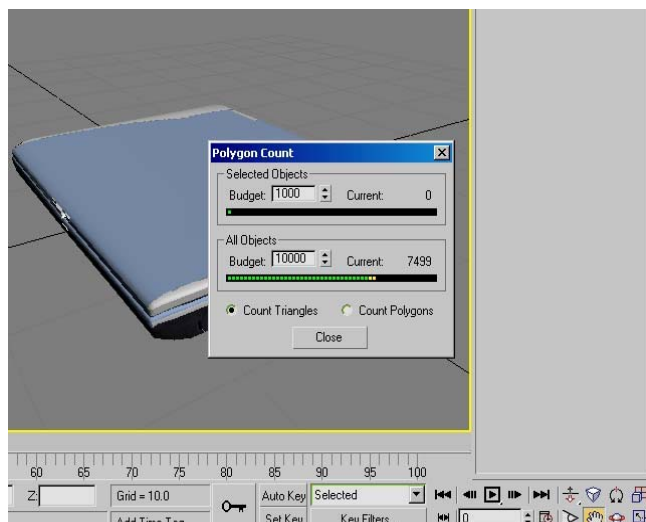


Figura 34 – Contagem de polígono em *3D Studio Max*

Também algumas ferramentas Web3D possuem opções que permitem fazer optimização do objecto 3D, como é o caso do *WireFusion*, que a torna uma boa solução para a produção de conteúdos 3D na Web.

A figura 35 que se segue ilustra a opção de optimização do objecto 3D na ferramenta *Wirefusion*. Tem opções para compressão do objecto e compressão de coordenadas de texturas e o resultado da compressão é demonstrado ao mesmo tempo que feita a compressão.

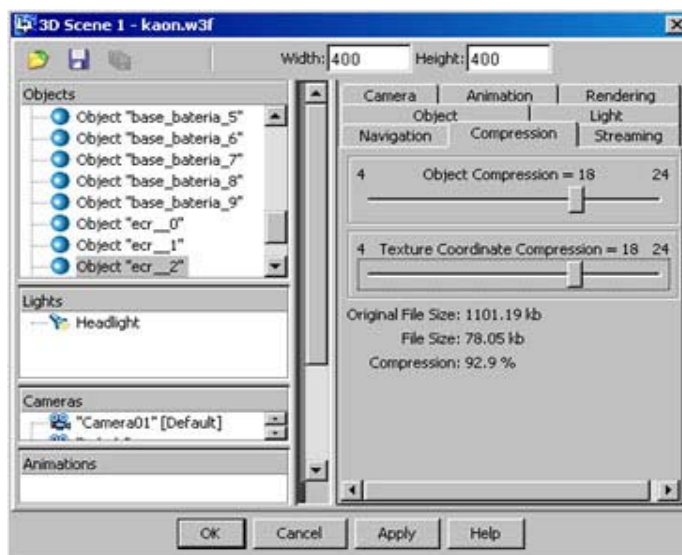


Figura 35 – optimização do objecto em *WireFusion*

1.3.1.2 Mapas binárias

De acordo com Sousa (2001), mapas binárias são imagens bidimensionais, utilizadas para conferir textura e cor aos materiais utilizados nos modelos 3D.

Os mapas binários são normalmente armazenados com formatos de representação comuns, utilizando-se os mesmos já normalmente usados na Web (Sousa, 2001).

Na perspectiva da referida autora, os dois aspectos a considerar na utilização de mapas binários são:

- A resolução das imagens; e
- A qualidade ou profundidade de cor das imagens.

A dimensão da imagem aumenta proporcionalmente com a sua resolução e com a sua profundidade de cor (Sousa, 2001). Consequentemente, aumenta também a quantidade de memória utilizada, a sua carga computacional e o tempo necessário à transferência pela Internet.

Tal como acontece com os objectos, o *WireFusion* permite comprimir também texturas (ver figura 35).

1.3.2 Conversão do objecto 3D

O *3D Studio Max* é uma aplicação de modelação 3D que apresenta soluções para exportar modelos 3D para as plataformas Web3D e outros domínios. Por natureza, ele já incorpora conversores para o formato X3D e VRML97 de representação 3D para as plataformas Web3D. Contudo, os desenvolvedores das plataformas Web3D disponibilizam conversores para o *3D Studio Max* e outras aplicações de modelação 3D, uma vez que ainda não existe um consenso entre múltiplas plataformas disponível no mercado (Sousa, 2001). No entanto, o consórcio Web3D está empenhado conjuntamente com os seus colaboradores para que o padrão X3D possa ser reconhecida por todos ou outras grupos como sendo uma fundação de tecnologia que define como as tecnologias devem distribuir conteúdos 3D na Web (Trevett, 2006).

O modelo criado no *3D Studio Max* é exportado para o formato VRML de representação 3D que vem incorporado nesta aplicação. Sendo assim, não foi necessário instalar nenhum *plug-in* de conversão no *3D Studio Max*, uma vez que as plataformas *WireFusion* e *Kaon*, são compatíveis com esse formato.

A figura que se segue ilustra o processo de conversão de *3D Studio Max* para o formato VRML.

Os comportamentos não são definidos no *3D Studio Max*, mas sim nas ferramentas que de seguida serão apresentadas. No entanto, as animações feitas no *3D Studio Max* são exportadas juntamente com objecto convertido, como um *Clip*.

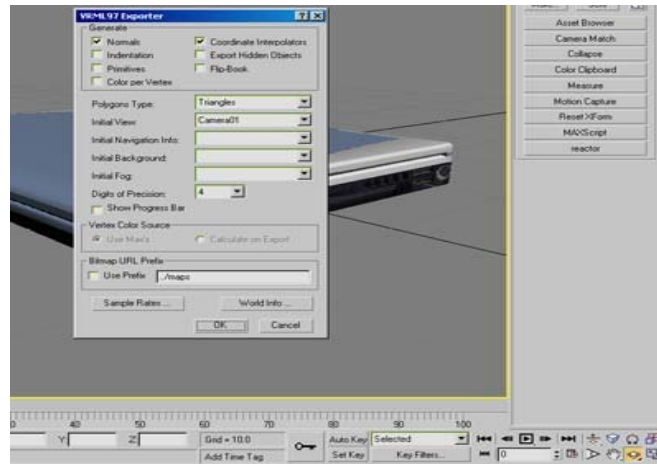


Figura 36 – Conversão de 3D Studio Max para o formato VRML

O diagrama da figura 37 identifica os processos da conversão do objecto.

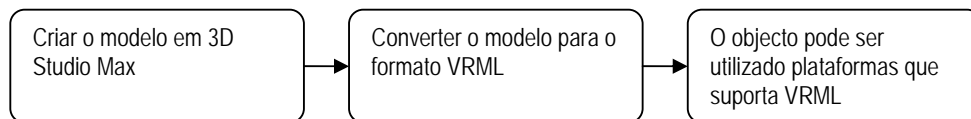


Figura 37 – Conversão de objecto para o formato VRML em *3D Studio Max*

1.3.2.1 Definições de comportamentos no *WireFusion*

O *WireFusion* permite adicionar diferentes comportamentos ao objecto. Também permite acrescentar imagens, luzes, câmara e uma série de opções que podem ser acrescentados para o aspecto final no objecto.

Foram adicionados dois comportamentos ao objecto: rotação (para cima, para baixo, esquerda e direita) e câmara (*reset* – volta posição de origem da câmara que pode ser definida tanto no *3D Studio Max* como no *WireFusion*). Para o aspecto visual, foram adicionadas imagens de fundo e de navegação.

A figura 38 ilustra o *WireFusion*, os comportamentos e imagens adicionadas.

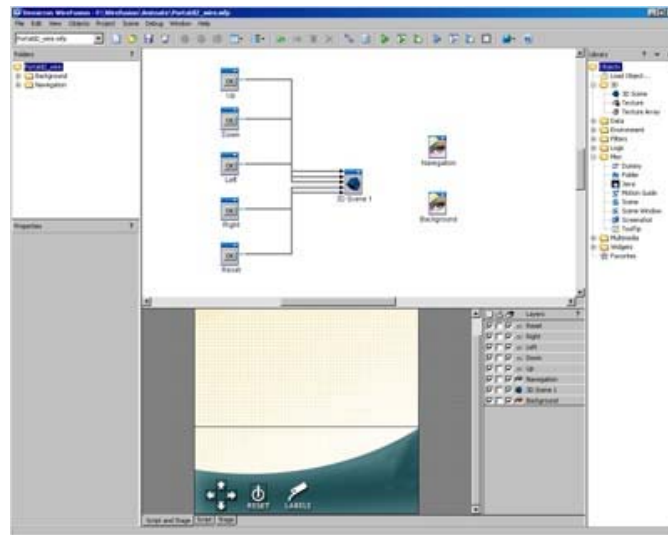


Figura 38 – *WireFusion*

O diagrama da figura 39 identifica os processos descritos nas linhas anteriores.

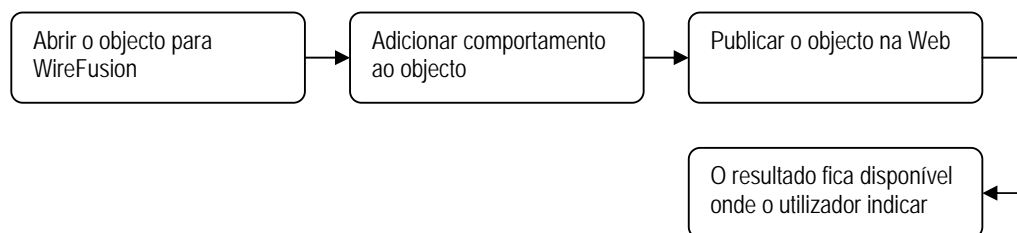


Figura 39 – Publicação do objecto na Web em *WireFusion*

O *WireFusion* é uma ferramenta rica, interactiva e de fácil aprendizagem. Os documentos/guias fornecidos são bastante simples. O resultado conseguido demonstrou uma boa qualidade de visualização e de interacção.

A figura 40 ilustra o modelo na Web com a plataforma *WireFusion*.

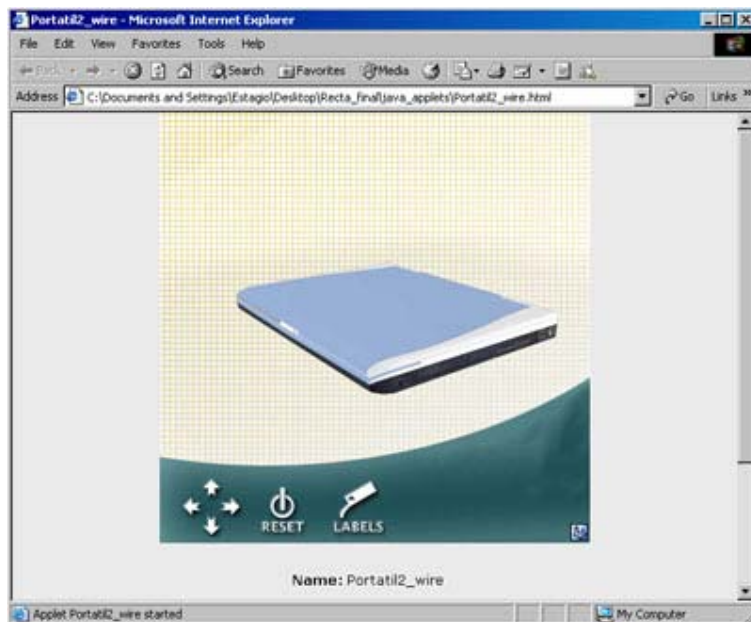
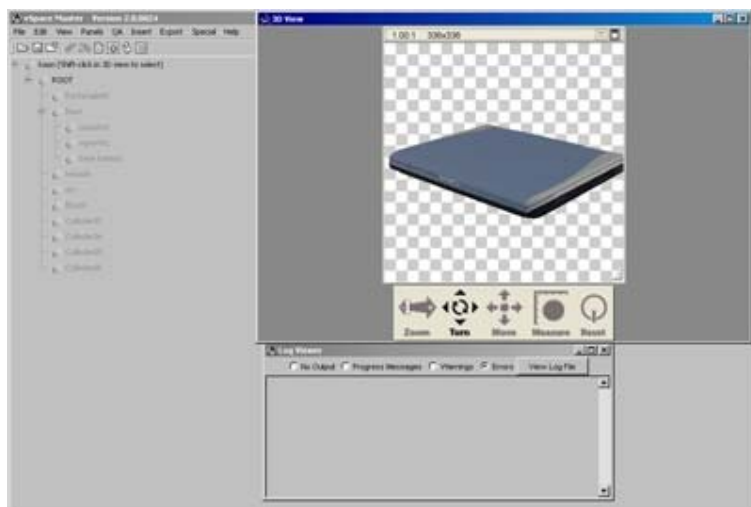


Figura 40 – O objecto em *WireFusion*

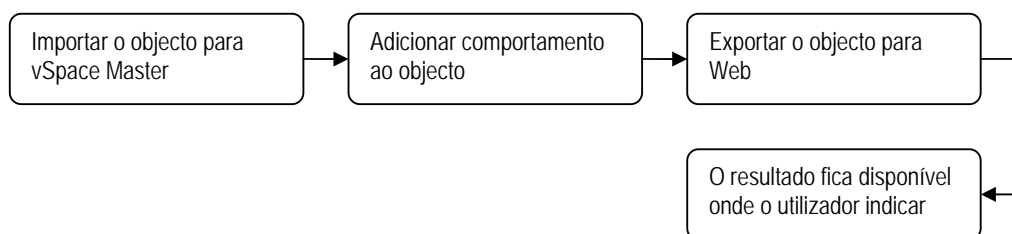
1.3.2.2 Definições de comportamentos no *Kaon*

Foi utilizada a *vSpace Master* para adicionar comportamentos ao objecto. Ao contrário daquilo que foi feito no *WireFusion*, todo o processo foi gerado automaticamente, incluído o aspecto final.

A figura 41 demonstra o aspecto do *vSpace Master*.

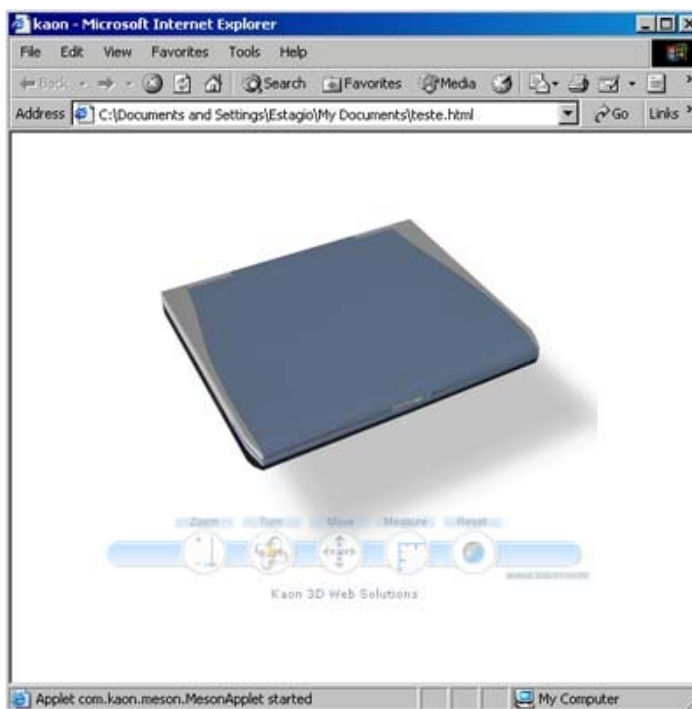
Figura 41 – *vSpace Master*

O diagrama da figura 42 identifica os processos descritos nas linhas anteriores.

Figura 42 – Publicação do objecto na Web em *Kaon*

O *vSpace Master* é uma ferramenta pouco atractiva, mas que demonstrou ser uma solução viável para a produção de conteúdos interactivos 3D para Web. Isto porque não precisou de nenhuma aprendizagem para produzir um conteúdo simples e com boa qualidade de visualização e de interactividade.

A figura 43 ilustra o objecto na Web com a plataforma *Kaon*.

Figura 43 – O objecto em *Kaon*

1.4 Considerações finais

No presente capítulo foram descritas as etapas da construção do Objecto em três dimensões, bem como as etapas de implementação na Web.

Neste trabalho foram seleccionadas e testadas duas ferramentas, o *Wirefusion* e o *Kaon*, mas isso não quer dizer que são os melhores e menos bons do mercado. Esta opção aconteceu simplesmente porque foram os mais acessível e de fácil utilização. As duas ferramentas produziram resultados muito bons, quer em termos de qualidade de imagens, quer de interacção.

Comparativamente entre as duas ferramentas utilizadas destacam-se:

- O *WireFusion* é muito mais intuitivo, a sua interface gráfica é apelativa e proporciona uma satisfação enorme, principalmente por pessoas que gostam de *design*. Os documentos são acessíveis e bem documentada.
- O *Kaon* fica num nível abaixo por duas razões: tem uma interface pouco apelativa e os documentos não foram encontrados. Embora os resultados conseguidos foram bastante bons.

1.4.1 *Outro aspecto*

A visualização do objecto nestas duas plataformas não necessita de instalação de visualizador (*plug-in*), basta ter a plataforma *Java* instalado no computador.

Capítulo 6: Conclusão

1.1 Considerações finais

Sobre este trabalho, destacam-se duas características. A primeira é a ausência de bibliografias específicas que levou a que grande parte baseasse na pesquisa *online* e alguns trabalhos feitos por outrem.

A segunda característica é que o trabalho se mostrou muito curto. O desejo seria conhecer e explorar muitas outras plataformas e ferramentas da tecnologia Web3D, ou mesmo, pesquisar ainda mais a fundo as diferentes tecnologias Web3D.

Apesar destas limitações, considera-se que os objectivos traçados inicialmente foram gradualmente atingidos para a satisfação do autor. Espera-se que este trabalho sirva de guia de apoio para aqueles que se aventurarem por este caminho.

Hoje os mundos virtuais não são como dantes, quando havia muitas dificuldades sobretudo na acessibilidade, interactividade e usabilidade dos mundos virtuais que quase deixava por terra as aspirações da Web3D. Esta fase não foi totalmente ultrapassada. O surgimento do consórcio Web3D e os esforços de outras entidades levantaram o “astral” da Web3D. A consequência disto é que, actualmente, os mundos virtuais são cada vez mais acessível, usável e apresentam melhores qualidades, isto é, visíveis em muitas das áreas da aplicação Web3D (comercio electrónico de retalho, educação, medicina, entretenimento, etc.) que estão crescendo num ritmo muito acelerado.

Mesmo assim, há muito trabalho pela frente, por isso, de acordo com Trevett (2006), conclui-se que o sucesso da Web3D passa por uma convergência das tecnologias Web3D. No entanto, prevê-se que esta não será uma tarefa fácil, embora o consórcio Web3D está empenhado em concretizá-lo. Para isso, o consórcio sustenta uma norma (X3D) que define os princípios da tecnologia da Web3D e a forma como eles disponibilizam o conteúdo 3D na Web. E o maior beneficiário será, sem dúvida, os utilizadores dos mundos virtuais.

Ainda, para concluir o autor, considera que entre as várias plataformas e ferramentas que foram ilustradas no capítulo 4 secção 2.2, duas delas foram consideradas para o caso prático (o WireFusion e o Kaon). Isto porque os seus recursos são acessíveis e a ferramenta é de fácil uso. Com essa experiência concluiu-se que de entre as duas escolhidas a ferramenta WireFusion, foi a que melhor satisfaz as necessidades específicas do caso prático. Pois os resultados obtidos foram satisfatórios para os objectivos pretendidos, ver capítulo 5 secção 1.3 e a ferramenta Wirefusion foi de aprendizagem fácil, apresentando uma interface simples, usável e amigável. E também porque existe diversos manuais, guias e tutoriais de utilização, que aliás estão bem estruturadas e explicadas permitindo aos utilizadores menos experientes criarem e prepararem apresentações 3D ricas e interactivas para Web.

Acrescenta-se que esta ferramenta é compatível com os formatos VRML e X3D que vem incorporada em muitas das aplicações de modelação 3D, tal como descrito no capítulo anterior. Também não requer a instalação de *plug-in* para a sua visualização na Web, um dos factores relevantes é que a visualização do conteúdo 3D interactivo na Web necessita apenas

da plataforma JAVA, instalada nos computadores que a torna sem duvida em uma mais valia a escolha do WireFusion para representação de objectos 3D na Web.

Para finalizar a linguagem VRML continua a ser muito utilizada nas ferramentas Web3D.

1.2 Recomendações para trabalhos futuros

Este trabalho deixa aberto várias possibilidades de exploração para o seu autor:

- O estudo pormenorizado da especificação X3D e desenvolvimento dos mundos virtuais inteiramente no Editor X3D, sem recorrer a aplicações de modelação 3D;
- Explorar um número significativo de plataformas e ferramentas Web3D, com particular destaque para o *WireFusion*, *Blaze3D*, *Hypercom* e *Cult3D*. São ferramentas que merecem uma especial atenção.
- Incentivar o uso e o estudo das tecnologias Web3D em Cabo Verde e na Universidade Jean Piaget de Cabo Verde, em particular.

1.3 Para potenciais interessado

Este trabalho pode servir de guia de orientação para os primeiros passos no mundo Web3D e incentivar a explorar as plataformas e ferramentas Web3D e procurar sempre as novidades imergentes desta área, porque ainda falta muito para se fazer. Sendo que esta é uma das áreas recentes que necessita de muito trabalho, esforço e colaboração de todos para que ela possa encontrar o seu caminho que tanto se deseja.

Para os conhecedores, o autor espera a colaboração para aperfeiçoar ainda mais este trabalho, bem como sugestões para os futuros trabalhos e projecto.

Para finalizar, segundo Sousa (2001), nesta área, nem sempre as coisas funcionam como o esperado ou anunciado. Realmente, ainda falta muito para se fazer nesta área, agravado pelo facto de que ainda não existe um entendimento entre as diferentes tecnologias. Como foi dito, ao longo deste trabalho a Web3D *consortium* está se esforçando ao máximo para que a especificação X3D, certificado pela norma ISO, vem a ser reconhecida por todos como sendo uma orientação para a definição da tecnologia Web3D.

Bibliografia

- Fosse, J. M. (2004). *Representação cartográfica interactiva tridimensional: Estudo da variável visual cor em ambiente VRML*. Universidade Federal do Paraná, Curitiba.
- Garrott, J., & Ferreira, A. (1999). *Programação na World Wide Web com CGIs* (2ª ed.). Lisboa: FCA.
- Giambruno, M. (2002). *3D Graphics & Animation* (Second Edition ed.): New Riders.
- Kiniz, M., & Knaesel, F. J. (2006). Realidade virtual em aplicações de comercio electrónico. (disponível em 27 de Setembro de 2006 no endereço Web <http://www.icpg.com.br/artigos/rev02-14.pdf>).
- Ledwidge, M. (2002). Horses for Courses - writing for Web3D. *A paper for Incubation, 2nd Annual Conference on Writing and the Internet*(disponível em 20 de Agosto de 2006, no endereço Web http://thequality.com/flics/horses4courses/analysis/incubation_2002_paper.pdf).
- Machado, L. d. S. (1995). Conceitos básicos da realidade virtual. (disponível em 14 de Agosto de 2006, no endereço Web <http://www.lsi.usp.br/~liliane/conceitosrv.html>).
- Quintino, L. (1999). Intrdução à Internet. (disponível em 15 de Maio de 2005, no endereço Web <http://www.enfase.com/html/docs/IntroInterManual.pdf>).
- Ranon, R. (2004). First International Workshop on Web3D Technologies in Learning, Education and Training. *disponivel em 8 de Agosto de 2006, no endereço Web* <http://euindia.dimi.uniud.it/wo2presentations/web3D.pdf>.
- Recuero, R. d. C. (2006). COMUNIDADES VIRTUAIS - Uma abordagem teórica. (disponível em 27 de Setembro 2006 no endereço Web <http://www.pontomidia.com.br/raquel/teorica.pdf>).
- Santos, J. S. d. (2004). *Nuvens virtuais como exemplo de técnicas de jogos para gráficos tridimensionais em tempo real*. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.
- Sousa, S. (2001). *Web3D: Modelos 3D na World Wide Web*. Universidade Fernando Pessoa.
- Trevett, N. (2006). The Future Of Web3D. (disponivel em 30 de Agosto de 2006, no endereço Web http://www.web3d.org/x3d/presentations/435.2.The_Future?).
- Vaz, I. (2002). *Utilizar a Internet* (Lidel ed.). Lisboa: FCA.
- Web3D. (2004). Web3D consortium. *disponivel em 30 de Agosto de 2006, no endereço Web* <http://www.web3d.org>.
- Wikipedia. (2006). World Wide Web. *disponível em 14 de Agosto 2006, no endereço web* <http://penta.ufrgs.br/edu/teleduc/tdidmult.htm>.